番茄育種

陳正次

亞洲蔬菜研究發展中心

前言

番茄是果菜類園藝作物，台灣俗稱`「甘仔蜜」、「臭柿子」，其經濟價值高，富含維他命A、B、C和E、醣類、酸類、纖維素、礦物質、蛋白質及果膠等。全球栽培總面積依據1996年FAO年報資料有309萬公頃，生產量為8487萬公噸，主要產地有非洲的埃及、阿爾及利亞、奈及利亞；北美洲的美國、墨西哥、古巴；南美洲的巴西、阿根廷；亞洲的中國、印度、土耳其及歐洲的義大利、烏克蘭、俄羅斯、西班牙等，其生產量僅次於馬鈴薯。番茄用途廣泛，可以鮮食、烹飪及加工製罐成番茄糊、番茄醬、番茄切塊、番茄粒、番茄汁、調味醬料。

世界各地民間生活飲食習俗不同對品種品味的喜好有很大的差異，譬如東南亞地區及熱帶地區的居民都喜愛省工栽培的停心型、中果粒 (60-100 公克)、紅色、高球形或橢圓形、具味酸、利用於烹飪或生菜沙拉；歐美國家喜愛大果、全紅、果重150-200公克，株型視種植環境有所不同。義大利、美國以停心型或半停心型為主；東北亞的日本、韓國及中國較喜愛粉紅大果、果重 (150-200 公克)，並以非停心型為主，日本人最喜愛桃形果。台灣的居民選擇鮮食用，非停心型，果實濃綠肩，高球形，一點紅品種為最愛，果重150-200公克，甜味高、風味佳；小果番茄以橢圓形或長橢圓形的高糖度 (7-10%)品種。

起源

番茄原產於南美洲的秘魯、厄瓜多爾及玻利維亞的安第斯山峽谷地帶，經由印地安人游牧生活遷居，隨伴攜帶到美國和墨西哥等地。16世紀才傳到義大利及其他歐洲國家，17世紀前葉當地居民認為是一種有毒的植物不敢食用，僅供觀賞用，種植也不多，後來義大利首先利用於生食及加工製罐，該產業才迅速發展起來，至今成為加工番茄的原產地。隨後，地中海一帶，土耳其及北歐國家也逐漸栽種，北歐因氣候因素，普及性慢，栽培上用溫室設施來改進栽培技術，英國也一樣，因此溫室栽種成為番茄栽培史上另一型態。美國在18世紀由荷蘭、義大利等地傳入，19世紀產業迅速發展成為現今最大的加工番茄生產國；亞洲地區由歐亞絲路打通，由葡萄牙人在17世紀傳入中國；日本在18世紀引進，當時僅供觀賞，明治初年開發為蔬菜用，才再次引種，到了昭和初期種植面積漸增，目前番茄生產興盛，整年供應，為重要蔬菜之一。加工番茄栽培也迅速發展，到1970年時已佔番茄總生產面積的25%。台灣是在17世紀（1622年）荷蘭入侵時引進種植，但因特殊味道未能普及，19世紀末葉日據時代由日本人引入改良品種，栽培面積增加，加上台灣南部氣候乾燥，溫度適宜，農民逐漸盛行，光復後50年來，

著手研究發展改良品種，使番茄事業興盛，並且是世界各大種子公司委託生產雜交一代種子的主要採種地區。其中在 1984 年番茄加工產業達最高峰時，總栽種面積達 12394 公頃，但由於農村勞力的嚴重短缺，導致番茄加工事業的沒落，致使 1996 年番茄總生產面積僅剩 4385 公頃，而且大部份是鮮食用的大果和小果番茄，特別是小果番茄產業由於品種改進及品質優異；農民栽種意願高，面積逐漸增加，近三年來（1995-1997）約增加300公頃至1997年小番茄生產面積約達1000公頃；而加工番茄卻剩下不到 300 公頃。

一般植物性狀

番茄為一年生或多年生、草本或半草本灌木，莖直立或蔓性，莖和葉表面具有淡黃色或暗黃色茸毛，長短不一，葉有缺刻及全緣。

一、種子：由種皮、胚乳和胚所組成，形狀為扁平的短卵形，長軸的一端呈凹陷，該部位為種臍，表面有毛，色澤灰褐色或黃褐色，長 4 公釐，寬 3 公釐，厚 0.8 公釐，千粒重 1.4-4 公克，一公升種子量約 250-300 公克，比重 1.05 。

二、根：種子發芽後之幼根，發育成 60 公分長的主根及側根，側根生長速度長度可達 1.0-3.0 公尺，鬚根發育良好、快速。

三、莖：主軸直立，長度依生長習性不同而定，生長初期約 30 公分，逐漸呈匍伏莖，老化呈木質化，莖呈圓或四方形，每一葉腋間，能長出側枝，側枝上的葉腋間都可長出側枝，莖表面著生多數茸毛及蜜腺，會分泌出特殊臭味及黏質，依據品種的生長習性不同分為三種如下：

1.停心型：每隔 1 或 2 個葉片就長出一個花序，通常會長出 4-5 個花序，頂芽發育成為一個花序而自動停心。植株高度為 90-120 公分。

2.半停心型：每隔 1 或 2 個葉片長出一個花序，生長勢較停心型旺盛，通常會長出 5-6 個花序，同樣最後一個花序為頂芽，就自動停心，植株高度 130-210 公分。

3.非停心型：每隔 2 或 3 個葉片長出一個花序，生長勢很旺盛，頂芽不會停心，一直無限生長。

四、葉：番茄葉互生，大多羽狀複葉，長 15-45 公分，複葉為 5-9 片（圖 1.），葉片分缺刻葉的普通葉形、全緣的馬鈴薯葉、捲葉形和大葉形四種（圖 2.），野生種的葉片形狀，各不同種有各別的特殊葉形。櫻桃番茄通常為三裂羽狀複葉，葉表面著生與莖上相同的絨毛，並分泌蜜腺。

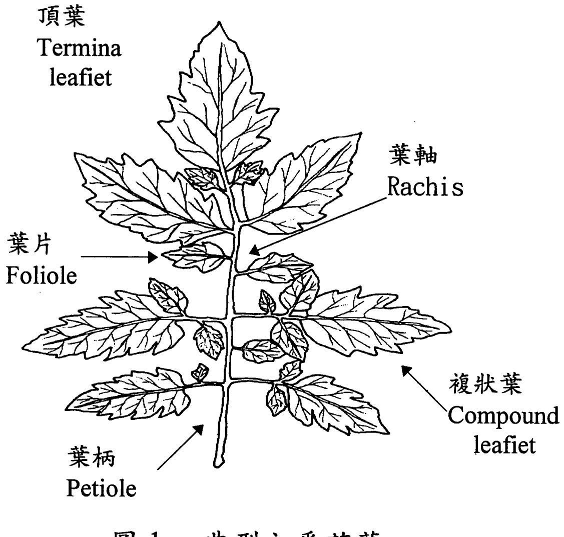


圖 1. 典型之番茄葉

圖 2. 番茄葉片形狀的種類

五、花：花序為總狀花序，有單梗、雙梗或多梗不等，每花序上花朵互生（圖三），數目不一，大果品種為 3-10 朵，小果品種多達 50-60 朵。花為兩性完全花，自然授粉，花萼細長 5 片，花冠黃色 5 片分裂，或 5 片合一，雄蕊的花藥由五個圓錐形小花藥連接成筒狀，將花柱和柱頭包圍在內，雌蕊的子房在花朵基部。（圖 4.）

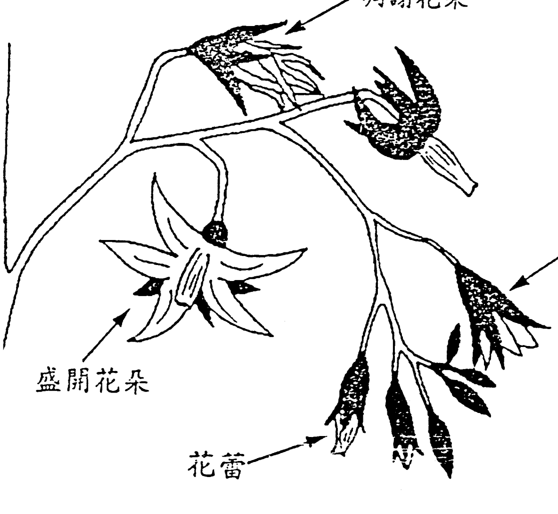


圖 3. 番茄之花序

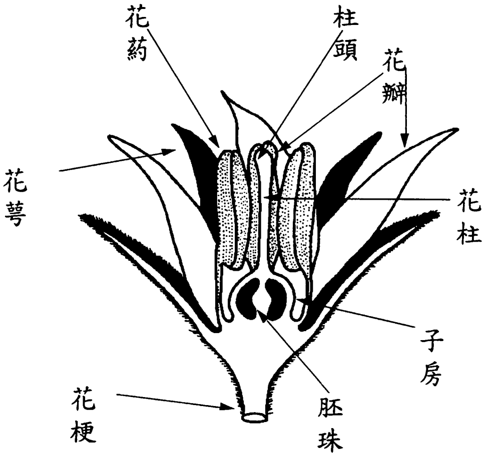


圖 4. 番茄花器構造

六、果實：果為漿果，形狀呈扁形、扁圓形、圓形、高球形、心臟形、橢圓形、長筒形、梨形、李形、及不規則形等（圖五），直徑為 0.5-15 公分，心室 2-15 個，果色有紅、粉、橙、黃、紫及綠色。果粒重 1-600 公克不等。

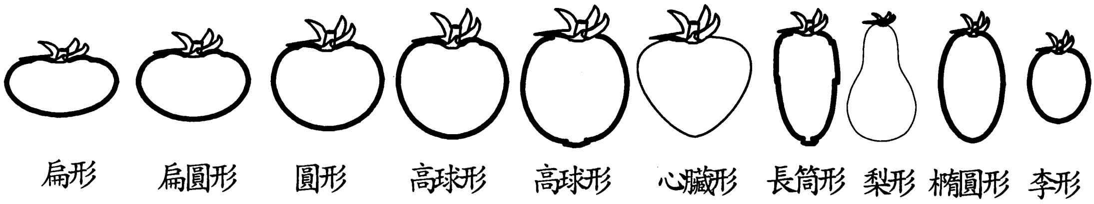


圖 5. 番茄果實形狀的種類

開花、結果習性及果實發育

正常開花依一定順序自基部花序先開，每花序花朵開花順序亦是自基部小花朵先開，依序往前開，一般基部 2-3 朵花同時開，然後隔天開兩朵花，一花序視花朵數多寡，開花日數有所不同，自然狀況，一星期開一花序，完成授粉、授精的花朵約 3-4 天後結果，子房逐漸澎大，開花後 30 天，果實不再長大，果皮變綠白色稱為綠熟期。果實成熟所需日數常受溫度高低影響，溫度高成熟快，夏天開花後 25-30 天就成熟；而冬天溫度低成熟慢，約需 45-50 天，其成熟的過程可分為八個時期：

一、未熟期（ immature green stage ）：果實沒有光澤，果實內種子白色，沒有膠質。

二、綠熟期（ mature green stage ）：果實外皮淡綠色具光澤，心室內已有膠質，果頂痕跡處略變白色。

三、變色期（ breaker stage ）：果頂的外表由淡黃色變為粉紅色，但未超過全果面積的百分之十。

四、轉色期（ turning stage ）：果實轉色為粉紅色或紅色，約佔全果面積的百分之十至百分之三十。

五、粉紅期（ pink stage ）：果實約有百分之三十至百分之六十面積變為粉紅色或紅色。

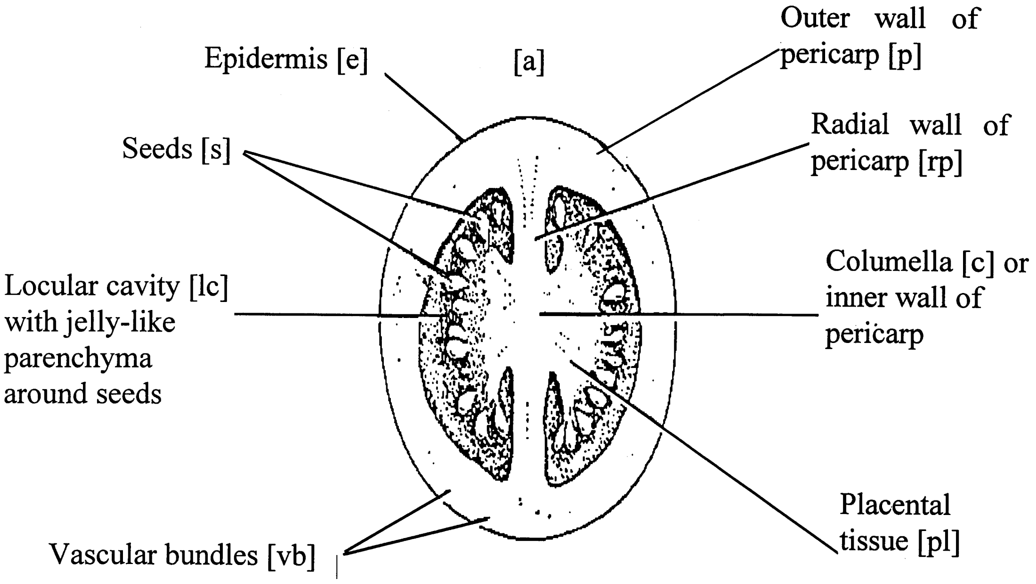
六、淡紅期（ light-red stage ）：果實成熟面積超過百分之六十但紅色部未超過百分之九十。

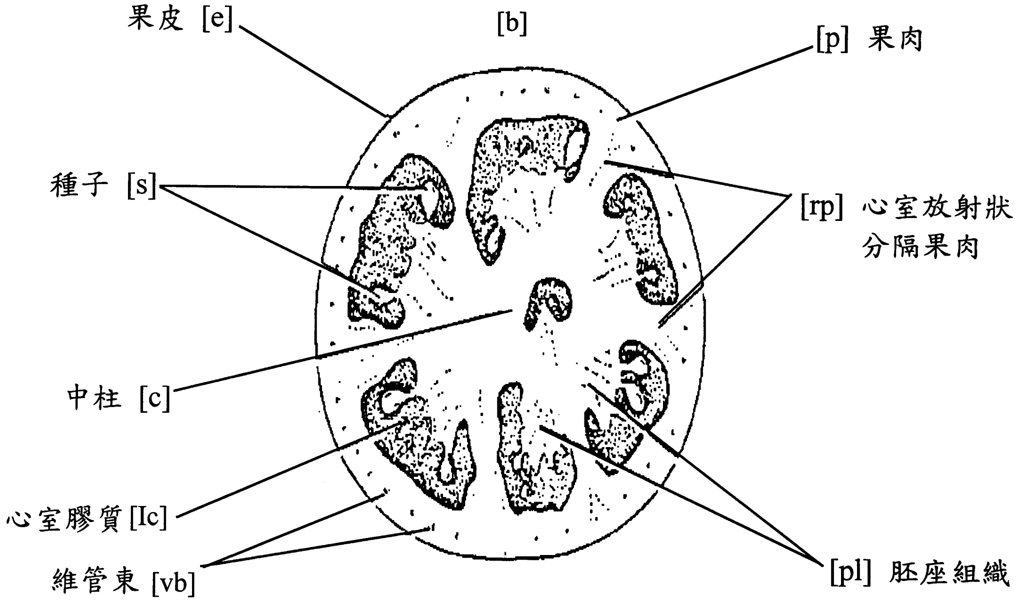
七、紅熟期（ red stage ）：果實已全部成熟，面積超過百分之九十。

八、過熟期（ over-ripen stage ）：果色暗紅，果肉開始變軟。

內銷生食採收適期，大果在變色期到轉色期，小果番茄在淡紅期，而加工番茄則必須在紅熟期，小果都留小果梗及萼片，生食大果及加工用則必須去除果梗。

果實構造（圖 6.）





番茄二心室(a)和多心室(b)果實的橫切面

圖 6. 果實構造

採種技術

番茄的花器屬於兩性完全花，並且完全自然授粉，採種可分為固定種和雜交一代種兩種方式。

一、固定種採種：由於固定種本身已純化，但在採種時，仍應注意不可有其他品種的混雜，在一般正常環境下，並無蟲媒和風媒的傳粉可能性，故在種植採種田，只要品種間能有 2 公尺隔離即可。種植時於開花期、結果期及成熟期等三個時期，分別嚴格執行去雜工作，待果實成熟時，採收紅熟果碎取種子。

二、雜交一代品種採種：種植時應將父本與母本嚴格在不同田區隔離種植，父本應提早 14-20 天種植，種植株數與母本比例為 1 ： 4 ，母本種植後，停心型採四幹整枝，非停心型採雙幹整枝。

1.去雄：母本的第一花序去除，從第二花序開始做去雄，去雄時段於上午 7-11 時為宜，但若花朵數多，需要全天去雄亦可，去雄花朵應選擇每花序的前 4-6 朵花，及開花前 2-3 天的花蕾，以細尖鑷子，小心去除筒狀的雄蕊，注意不可傷害到雌蕊的柱頭、花柱與子房，並且保留花瓣，以便做為花朵盛開授粉時機的標記。

2.花粉收集：於晴天的上午 9-11 時，將父本當天盛開的花朵摘下，裝入牛皮紙袋或磨砂玻璃紙袋內，然後將所收集的花朵，在室內小心摘下花藥筒（雄蕊），盛入新的磨砂玻璃紙袋內，置於平盤，放在 100 燭光的光照下，乾燥 48 小時（平盤與燈泡的距離約 30 公分），溫度維持在 30 ℃為宜。乾燥後的花藥筒，倒入小塑膠杯內，杯口以細密的 360 目紗網密封，並用同樣大小的杯子罩住，然後倒過來（即盛花藥的杯子在上面，空杯子在下面）以手掌緊握兩個杯子，上下搖動 10-20 次，促使花藥筒內的花粉散落出來，之後將篩出的花粉，分裝特製的小玻璃容器或小玻璃瓶，密閉後放入置有乾燥劑的容器內，再密封存入-12 ℃至-27 ℃的冷凍庫內，要授粉時取出已分裝的小瓶，在室溫內存放 2-3 小時，待回溫後，攜帶到田間授粉。如此乾燥的花粉可以貯存一個月以上。

3.授粉：選擇晴天霧已散開時，大約在上午九時至下午三時前，執行授粉工作，授粉應選擇花朵盛開者，可以用花瓣完全展開顏色鮮黃色做為辨別。首先將盛開花朵以剪刀剪除兩片萼片來標記為已授粉花朵，再將花朵的柱頭注入盛有花粉的小杯內，確認柱頭粘上花粉，每株授粉花朵數和結果數，依據果粒大小而不同，大果約 20-30 果，中果 30-40 果，小果 50-60 果。每十公畝所需去雄及授粉的日數，非停心型為 22-25 天，小果番茄為 25-35 天，停心型為 15 天，每天所需的工人數也有所差異依序為 3-4 人， 8-12 人，和 6-8 人，一般每位技術工人可以去雄或授粉的株數也視每天花朵數和開花數而有差異依序為 670-900 株， 270-450 株，和 150-200 株。

4.收獲：授粉後約 45 天，果實開始成熟，但溫度高低變化會影響成熟日數，溫度高成熟快，採收時盡可能等待果實完全成熟，種子充份發育。飽滿為宜，倘若遇下雨或氣候不佳要提早採收，也要選擇粉紅期的果實，採收後置於冷涼處 3-4 天，後熟後再碎取種子。

5.種子處理及清洗：番茄種子的外表具有一層果膠，要乾燥種子前，一定要去除，否則乾燥不易，一般種子碎取，乾燥處理方法視種子多寡，所用方法有二種：

(1)少量種子－自然發酵法

A.採收完熟果實放入尼龍網袋內，綁緊開口處。

B.用腳踐碎番茄果實。

C.將網袋堆積在大的塑膠桶內發酵 24 小時，溫度低於 25 ℃時發酵 48 小時。

D.將已發酵的網袋之果肉倒入水桶，再以自來水沖洗，沖洗過程得小心取出果肉及雜物，多次清洗直到雜質完全去除後，再將種子倒入小網袋，即可涼乾及乾燥之。

(2)大量採種－種子碎取機碎取法

A.將已完熟果實，慢慢倒入碎取機內，用塑膠盤收集種子。

B.碎取的種子以 0.7 %鹽酸，處理 30 分鐘（每一公升種子內加入 7 毫升鹽酸）。

C.將處理過的種子倒入網袋內，綁緊開口處，再以自來水一面沖洗，一面用腳踐踏，使果膠迅速與種子脫離。

D.將種子再倒入大的水桶內，用水清洗，去除果皮碎片，直到乾淨為止。

E.乾淨的種子倒入中型的網袋內，置於脫水機內脫水後，放入低溫低濕乾燥機內乾燥 2-3 天，使種子內的含水量在 4-5%間。

6.種子儲藏：乾燥完成的種子，應去雜及標明品種代號，並將種子以塑膠袋或鋁箔袋包裝密封，儲藏於 15 ℃，及相對濕度 30%的儲藏室內。

植物學分類

番茄屬於茄科，番茄屬，依據分類學分成兩個亞屬，分述如下：

一、著色果亞屬（*Eulycopersicon*）：無假托葉、果色為紅、粉、橙、黃等色，自花授粉，自交或異交親和性佳。

1.栽培型番茄亞種（*Lycopersicon* esculentum ， ssp. *cultum*）

(1)普通栽培番茄（Var. *vulgare*）－植株生長強、莖有蔓性、半慢性或矮性。花序有總狀或複總狀，花朵數不一，缺刻葉。果實具各種形狀，各種果色為大部份栽培種。

(2)直立番茄（Var. *validum*）—節間短、株矮、分枝直立性、葉深綠、皺紋深、形小、莖粗壯，亦具有各種果形。顏色主要有粉紅和大紅兩種。

(3)大葉番茄（Var. grandifolium）—生長中強、葉覆蓋略差、莖蔓性、葉大、葉的裂片 1-2 對、全緣馬鈴薯葉、花中小、果大紅或粉紅。

2.半栽培型番茄亞種（*Lycopersicon* esculentum ， ssp. *subspontaneum*）

(1)長圓形番茄（Var. *elongatum*）—植株生長中強、莖直立或蔓性高 70 公分，葉中大、花序單總狀，果重 30-50 公克，適應性強，為加工番茄之原始材料。

(2)多室番茄（Var. *succenturiatu*m）—植株生長中強、莖高 90-110 公分，分枝性強，葉大而軟，淡綠色，花序為複總狀，果扁圓形，子房多室，重約 30-40 公克。

(3)櫻桃形番茄（Var. cerasiforme）—植株生長強健、莖蔓性，高 3 公尺，花序單總狀，子房室 2-3 個，風味佳、具抗病性。

(4)梨形番茄（Var. *pyriforme*）—植株生長中等、莖直立或蔓性，花序單總狀，分枝少，花少，子房長形，柱頭短，果洋梨形，二心室。

(5)李形番茄（Var. *pruniforme*）—植株生長中強、莖高 130-150 公分，花萼短，花序單總狀，花柱與雄蕊等長，柱頭短，果小長 3 公分，寬 2 公分，子房二室，果重 15-20 公克。

3.野生型番茄亞種（*Lycopersicon* pimpinellifolium Mill）

(1)總狀番茄（Var. *racemigerum*）—莖蔓性、花序長約 20 公分，花萼短，果實大小似小櫻桃，直徑 10-15 公厘，子房二室，乾物量及糖份高，抗旱性強。

(2)醋栗狀番茄（Var. *eupimpinellifolium*）—具高固形物和維生素 C ，抗萎凋病，莖蔓性，分枝多，莖上無長茸毛，花序長 20-25 公分，有些長 40 公分，花數多，花序上有 30-40 朵，花萼非常小，子房 2 室，種子多。

二、綠白色果亞屬（Eriopersicon）：有假托葉，果色為綠白色，紫或暗紫色，自花授粉，自交或異交不親和。

1.秘魯番茄（*Lycopersicon* peruvianum Mill）：自交不親和，此種包括 *L. glandulosum* 蔓性多年生，葉柄基部有托葉，花單總狀，果上有茸毛，果實小圓形， 2 心室，直徑 10-15 公厘，未熟果呈綠色，成熟變紫色，種子細小，具抗線虫、番茄嵌紋病毒、萎凋病、晚疫病、細菌斑點病、耐濕、高維生素 C 及高糖度（12-13 %）。

2.智利番茄（*Lycopersicon chilense* Dum）：自交不親和，葉狹細小，果綠色，直徑 5 公厘，子房 2 室，花序長，具抗頂葉黃化捲曲病毒病、胡瓜嵌紋病毒病。

3.多毛番茄（*Lycopersicon hirsutum* Humb & Bongl）：分枝多，脆弱，體表具長茸毛，其腺細胞含淡綠汁液，味奇臭，果小直徑 15 公厘，果表面有紫條

紋呈縱向分佈，成熟果綠白，子房 2 室，具抗胡瓜嵌紋病毒病、抗頂葉黃化捲曲病毒病、馬鈴薯 Y 型病毒病、番茄嵌紋病毒病、線虫、晚疫病、茸毛長、多果色種原。

4.潘內力番茄（*Lycopersicon pennellii* Rick）：自交不親和，抗番茄夜蛾、具高糖度、蜜腺發達、茸毛長、果小直徑約 10 公厘，綠色呈暗綠，具長茸毛，有特殊臭味，子房 2 室，種子細小，灰褐色。

5.契斯曼番茄（*Lycopersicon cheesmanii* Riley）：自交不親和，祇有 Galapagos 島發現，與 *L. escu* 容易雜交，具耐鹽，無果梗節，節間短，果細小直徑約 6-9 公厘，色黃或黃綠，種子茸毛少。

6.*Lycopersicon chmielewski* ：天然雜交授粉，果細小直徑約 10-14 公厘，果成熟時黃綠色並帶有大的花萼片。

7.*Lycopersicon* parviflorum ：自交親和，果細小直徑約 10-14 公厘，果皮表面具有二條深綠或紫色條紋。

雜交親和性

番茄種間及種內雜交親和性，列於表一，並敘述如下。栽培型番茄亞種（*Lycopersicon esculentum*）自交親和性良好，與其他亞種如 *L. pimpinellifolium* 和 *L. hirsutum* 的雜交親和性也不錯，但與 *L. chilense* 和 *L. peruvianum* 兩個亞種的親和性差；胚會異常，無法發育出良好的種子，其雜交組合的個體，必須由組合的未熟種子行胚培養來培育之。野生型番茄亞種（*Lycopersicom pimpinellifolium*）自交親和性良好，與其他亞種的雜交親和性與 *L. esculentum* 相同。毛番茄亞種（*Lycopersicon hirsutum*）其本身自交親和性也要視品系而定，有的親和性好，有的自交不親和，與 *L. esculentum* 和 *L. pimpinellifolium* 兩個亞種雜交時常有不親和的現像，而與 *L. chilense* 和 *L. peruvianum* 雜交時也會產生胚異常。*Lycopersicon peruvianum* 與 *L. esculentum*，*L. pimpinellifolium* 和 *L. hirsutum* 等三種亞種雜交親和性差，與 L. chilense 雜交產生胚異常，本身亦是自交不親和。*Lycopersicon chilense* 其本身自交不親和性強，與其他亞種雜交都是不親和及胚異常。

表 1、　番茄種間及種內雜交的親和性*

	L. escu	*L. pimp.*	*L. hirsu.*	*L. chil.*	*L. peru.*
L. escu.	+	+	+	EA	EA
L. pimp.	+	+	+	EA	EA
L. hirsu.	+，UI	+，UI	+，UI，SI	?	EA
L. chil.	EA	EA	EA	SI	EA
L. peru.	UI	UI	UI	EA	SI

備註：+正常；SI：自交不親和；UI：單相不親和；EA：胚異常；?；不詳　　*摘錄自 Hogenboom（1972）

重要性狀遺傳

作物的性狀是經由染色體上的遺傳物質或基因代代相傳，若能充分瞭解及掌握主要的農園藝性狀、抗病性的遺傳行為及基因在染色体上的位置等資訊，對於擬定的育種計畫目標成功的機率及期限有很大幫助。番茄重要性狀的遺傳性經由全世界著名的遺傳和育種研究學者多年辛苦的研究已經有很完整的結果報告，尤其細胞遺傳學上成就是作物界中數一數二，本章節分門別類敘述如下：一、番茄性狀及其遺傳性，二、番茄重要病害的抗病種原、基因及其遺傳性，三、番茄重要病毒病的抗病種原、基因及其遺傳性，四、番茄基因符號及所控制的性狀（基因符號，英文字母大寫為顯性，小寫為隱性）。

育種目標

一、豐產性育種：

所有作物育種最重要的目標為高產量，但是產量又是多因子控制的量性狀遺傳，並且是複雜及易受環境影響的性狀。番茄總產量是決定於單位面積株數，及在該密度下單株的平均產量之乘積。而每單株產量取決於該植株上花序數、花序上的花朵數、著果數、果實大小、另外受到株型、株葉數量、光合速率及對環境適應性等限制，因此在培育豐產品種應針對上述特性加以著重及導入，使預期育種目標能有效的達成。

二、耐熱性育種：

番茄為果菜類園藝作物，生產過程必須有花芽分化－開花－授粉－授精－結果－果實發育－果實成熟等階段的完成才能有所收成，各階段對溫度、光照強度的需求及敏感度都很強，原本番茄又是屬於溫帶作物，本身對溫度很敏感，其最適宜生產的溫度為15-26℃之間，亞熱帶地區除了平地春秋冬，夏季在高冷山坡地帶外，不適宜種植，因此產期常過度集中在秋冬季，導致生產過剩，價格低落，農民常血本無歸，夏季平均夜/日溫度高達24/32℃，日夜溫差小，溫帶能培育出來的品種，根本無法在此種氣候條件下正常的花芽分化，得到好的結果率，優良的品質，故溫度愈高的地區愈無法栽種番茄，為要解決夏季番茄生產問題及瓶頸，必須著手研究培育能適應高溫多濕環境下結果及品質良好的品種，因此在種原篩選及雜交育種培育要訂定溫度上下限標準，依照目前夏季氣候夜溫高於24℃，日溫高於32℃下能正常結果，其結果率達30-40％者為耐熱品種。

三、抗多種病害育種：

病害漫延的快慢常受環境影響，熱帶或亞熱帶地區，高溫多濕環境惡劣，加上植株本身生育勢就受到限制，生長緩慢而差，軟弱，相反的病原繁殖迅速，特別是熱帶地區特定病害的青枯病、半身萎凋病、幼苗疫病、白絹病、細菌斑點病、黑黴病及根瘤線虫，此外，病毒病如番茄嵌紋病毒病、頂葉黃化病毒病及馬鈴薯Y

(一) 番茄性狀及其遺傳性

相對性狀	顯/隱性	F_1表現型	F_2表現型
紫色莖－綠色莖	顯	紫色	3 紫色莖：1 綠色莖
非停心性－停心性	顯	非停心性	3 非停心性：1 停心性
葉緣有鋸齒－全緣	顯	有鋸齒	3 鋸齒：1 全緣
綠葉－黃葉	顯	綠葉	3 綠葉：1 黃葉
長花序－短花序	顯	長花序	3 長：1 短
單花序－複合花序	顯	單花序	3 單花序：1 複合花序
果實二室－多室	顯	二室	3 二室：1 多室
匍匐莖－矮莖	顯	匍匐性	3 匍匐性：1 矮性
非直立性－直立性	顯	非直立性	3 非直立性：1 直立性
花序帶葉－花序不帶葉	顯	花序帶葉	3 花序帶葉－1 花序不帶葉
正常莖－叢生莖	顯	正常莖	3 正常莖：1 叢生莖
正常葉－寬葉	顯	正常葉	3 正常葉：1 寬葉
正常節間－短節間	顯	正常節間	3 正常節間－1 短節間
寬子葉－窄子葉	顯	寬	3 寬：1 窄
高苗－矮苗	顯	高	3 高：1 矮
不捲葉－捲葉	顯	不捲	3 不捲：1 捲
正常花萼－大花萼	顯	正常花萼	3 正常花萼：1 大花萼
無毛－有毛	顯	無毛	3 無毛：1 有毛
正常葉－細窄葉	顯	正常葉	3 正常葉：1 細窄葉
黃果皮－透明果皮	顯	黃果皮	3 黃果皮：1 透明果皮
紅果肉－黃果肉	顯	紅果肉	3 紅果肉：1 黃果肉
果實平滑－果實棱褶	顯	果實平滑	3 果實平滑：1 果實棱褶
橙黃色－紅色	顯	黃/橙黃色	15 橙色：1 紅色
小果－大果	中間	近小果	常態分布
圓果－扁圓果	顯	圓果	3 圓果：1 扁圓果
圓果－卵形果	顯	圓果	3 圓果：1 卵形果
橢圓形果－卵形果	顯	長橢圓形	3 長橢圓形：1 卵形
圓形果－李形果	中間型	近圓形	分離
檸檬形果－扁形果	中間型	近圓形	分離
檸檬形果－牛心形果	中間型	近圓形	分離
檸檬形果－梨形果	中間型	近圓形	分離
早熟－晚熟	顯	早熟	數量遺傳
綠肩－白皮	顯	綠肩	3 綠肩：1 白皮
果梗節－無果梗節	顯	果梗節	3 果梗節：1 無果梗節
多種子－少種子	顯	近多種子	數量性狀
耐熱性－不耐熱性	顯	近耐熱	數量性狀
硬果－軟果	顯	中硬（近硬）	數量性狀
雄稔性－雄不稔性	顯	雄稔	3 雄稔性：1 雄不稔性
正常－單偽結果	顯	正常	3 正常：1 單偽結果

(二) 番茄重要病害的抗病種原、基因及其遺傳性

病害別	抗病種原	抗病基因	顯/隱	F_1	F_2
半身萎凋病 Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp)	Rodade，UC204A，BTN472 Fla MH-1 I3R-1	I-1，I-2 I-1，I-2，I-3	顯	抗	3 抗：1 感
黑黴病 Black leaf mold (Pseudo*cercospora fuligena*)	*L. hirsutum* (L 1064) *L. escu.* (PI2544655)		隱	感	1 抗：15 感
晚疫病 Late blight (*Phytophthora infestans*)	*L. hirsutum* (L3683，L3684) *L. pimp.* (L3707，L3708)	ph-3	顯	抗	3 抗：1 感
根瘤線蟲 Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*)	Cal Mart，72T6 CLN657，CLN698 (AVRDC lines) Kewalo，Healani Anahu，RV series CLN229，CLN236 (AVRDC lines)	Mi APS-1[1] Mi/Mi	顯	抗	3 抗：1 感
青枯病 Bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*)	L285，H7996，H7997，H7998，BF okitz101 CRAseries，Rodade，Caraibo，Cararel，Fla 7421，AVRDC breeding line (CL9，CL143，CL2729，CL1131，CL5915，CLN65，CLN657，CLN698 等品系)	Ps	顯	中抗	分離類似量性狀
萎凋病 Verticillium wilt (*Verticillium albo-atrumt*)	Peru Wild，Loran Blood，VR Moscow，MEL2668 170G	Ve	顯	抗	3 抗：1 感
早疫病 Early blight (*Alternaria solani*)	NCEBR:Series lines		不完全顯	抗	1 抗：2 中抗：1 感
葉黴病 Leaf mold (*Cladosporium fulvum*)	Stirling Castle Vetomold，V121，P135，Ont7717		顯	抗	3 抗：1 感
斑點病（白星病） Septoria leaf spot (*Septoria Lycopersici*)	Targinnie Red		顯	抗	3 抗：1 感
炭疽病 Anthracnose (*Collectotrichum coccodes*)	*L. pimpinellifolium* *L. escu* (PI272636)		顯	抗	3 抗：1 感
灰斑病 Grey leaf spot (*Stemphylium solani*)	*L. pimpinellifolium*		顯	抗	3 抗：1 感

（三） 番茄重要病毒病的抗病種原、基因及其遺傳性

病害別	抗病種原	抗病基因	顯/隱	F_1	F_2
番茄炭紋病毒病（ToMV）	Mobaci，Mocimor	Tm-1	顯	抗	3抗：1感
	Moperou	Tm-2	顯	抗	3抗：1感
	L127，Ohio MR-9，12，13	Tm-2^a	顯	抗	3抗：1感
	Mocimor，Momor，AVRDC breeding lines（CL1131，CL5915，CLN657，CLN698 及CLN65等系列）				
頂葉黃化捲曲病毒病（TYLCV）	*L. chilense* (LA1969，LA2731，LA1962，LA3113) H24，H36，Fiona F_1，Tyking F_1 Ty-52，Tainan ASVEG#6	Ty-1	顯	抗	9抗：7感
胡瓜炭紋病毒病（CMV）	*L. chilense* (LA1969) *L. hirsutum* (VL262)	?	-	-	
馬鈴薯Y病毒病（PVY）	*L. hirsutum* (VL111) *L. escu.* (CLN808系列品系，AVRDC lines)	?	隱	感	1抗：15感

（四）番茄的基因符號及所控制的性狀

符號	基因名稱	基因座位置	表現性狀	發現者及年份
a	花青素欠缺	11-68	植株所有部位完全缺失花青素莖葉為綠色，無紫色	Rick & Butler， 1996
aa	缺少花青素	2-50	植株所有部位完全缺失花青素	Clayberg et. al.， 1970
acr	acroxantha	7-71	葉淡綠，在頂葉上轉黃色	Stubbe， 1964
afr	花青素欠缺	8	植株小，花青素完全缺失	Kerr， 1975
afl	白葉	4-3	葉片發白，會漸恢復正常	Clayberg et. al.， 1966
ag	花青素獲得者	10-124	花青素在後期發育會慢慢出現	Rick & Butler， 1956
ah	花青素全缺	9-24	植株各部位均缺花青素	Clayberg et. al. 1966
al	花青素消失	8-67	植株發育初期莖紫色，而後漸漸消失	Rick & Butler， 1956
alb	葉綠素欠缺	12-0	葉片白與淡綠相間	Clayberg et. al. 1966

alc	alcobaca	10-0	極度延遲果實成熟的過程	Kopeliovitch et. al. 1981
apn	白斑葉	11-32	葉片上有細白斑蚊	Clayberg et. al. 1973
Aps-1	Acid phosphatase-1	6-35		Rick，1983
Aps-2	Acid phosphatase-2	8-27		Rick，1983
are	花青素少	2-58	結果前幾乎沒有花青素	Clayberg et. al. 1973
au	鮮黃葉或淡黃葉	1-32	葉鮮黃色或淡黃色	Clayberg et. al. 1960
aut	金黃色葉	3L-?	生長初期生長點部位呈金黃色	Clayberg et. al. 1960
auv	金黃綠葉	10-124	幼苗金黃色帶綠，葉片部份變尖形	Rick et. al.，1974
aw	綠莖	2-59	植株所有部位完全沒有花青素，莖綠色	Rick & Butler，1956
B	β-胡羅蔔素	6-106	胡蘿蔔果色（顯性性狀）	Rick & Butler，1956
bi	分歧花序	11-97	與 f 和 j 結合的嚴重帶化	Rick & Butler，1956
bip	分裂葉	2-68	葉片高度分裂成小尖裂片	Stubbe，1959
bk	尖突	2-38	果頂長成尖狀	Rick & Butler，1956
bl	停心	11-75	莖在第一花序後就停心	Rick & Butler，1956
bls	短縮	3-74	缺花青素，株形緊密	Clayberg et. al. 1966
br	半矮性	1-0	節間短	Rick & Butler，1956
brt	叢生根	12	根部分枝多，矮生性	Clayberg et. al. 1970
bs	褐色種子	1-16	胚乳棕色	Clayberg et. al. 1967
bs-2	褐色種子-2	7-34	胚乳棕色	Clayberg et. al. 1970
bu	叢生矮性	8-18	節間、花序短小，葉柄長	Rick & Butler，1956
c	馬鈴薯葉	6-104	葉缺刻減少，全緣	Rick & Butler，1956
Cf	抗葉霉病	1-92?	抗 *Cladosporium fulvum* 的特殊小種	Rick & Butler，1956
Cf-2	抗葉霉病-2	6-45	抗 *Cladosporium fulvum* 的特殊小種	Rick & Butler，1956
Cr-3	抗葉霉病-3	11-11	抗 *Cladosporium fulvum* 的特殊小種	Rick & Butler，1956
Cf-4	抗葉霉病-4	1-94	抗 *Cladosporium fulvum* 的特殊小種	Kerr et. al.，1980
Cf-11	抗葉霉病-11	12-29	抗 *Cladosporium fulvum* 的特殊小種	Kerr et. al.，1980

ch	綠黃色花瓣	8-28	花瓣綠黃色	Clayberg et. al.， 1966
clau	部份閉花授粉	4-0	花朵部份閉花授粉，葉片多皺而極度分裂	Stubbe 1958
cm	捲曲斑雜葉	4-6	葉片斑（雜）；捲曲，嚴重分裂	Clayberg et. al.， 1960
cn	灰綠葉	3-24	葉片灰綠，植株小而不分枝	Stubbe ， 1958
coa	圓形花	6-64	植株小，葉較小寬而圓、葉暗，花器短而寬	Stubbe ， 1964
com	復變	1-63	葉片極度二次分裂，植株小，少分枝	Stubbe 1954
con	復蘇型	3L-?	生長點部位黃綠	Stubbe 1957
cpt	緊密株型	8-16	植株高度分枝，緊密，莖鬆弛，葉小而色淡	Clayberg et. al.， 1960
Cu	捲曲	2-49	葉脈和葉柄嚴重短縮，純結合型能存活	Clayberg et. al.， 1960
d	矮化	2-70	植株全部短小化，葉色深、多皺	Rick & Butler ， 1956
d-2	矮化-2	6-104	植株生長緩慢，半不稔性	Clayberg et. al.， 1960
dd	極矮化	2-?	極端矮性，生長顯著延遲，極度變形	Clayberg et. al.， 1967
deb	黃色壞死斑	7-52	葉片黃化，有壞死斑	Stubbe ， 1957
def	畸形花	6-57	花畸形，稔性低，葉片逐漸減少	Stubbe ， 1957
depa	矮性葉片彎曲	8-18	植株非常小，葉片不斷地黃化	Stubbe ， 1958
dgt	葡匐性	1-132	莖和根均斜屈生長，缺少側根，植株非常小	Clayberg et. al.， 1973
di	花軸短小	4-89	花軸顯著短小，莖漸漸退化，葉片呈白色條紋	Stubbe ， 1958
dil	弱化矮性	2-53	葉片暗淡綠，小而粗	Stubbe ， 1957
div	紫葉背矮性	3-111	植株小，緊密，葉脈間黃色，背面紫色	Stubbe ， 1959
dl	雄蕊分離	8-29	雄蕊不連合，無茸毛	Rick & Bulter ， 1956
dmt	小型矮化	4-79	植株矮，節間和葉片均短小	Clayberg et. al.， 1973
dp	下垂葉	1L	葉下垂，長而濃綠	Clayberg et. al.， 1966
dpy	短粗	2-57	葉極度密集，多皺，暗綠色	Clayberg et. al.， 1967
dt	小型暗葉脈	1-161	植株矮小，葉片發黃，葉脈色暗	Stubbe ， 1963
dv	矮性黃綠白葉	2-74	生長點暗綠，植株矮小	Rick & Bulter ， 1956
e	全緣性小葉屈曲	4-66	葉裂片少，中脈屈曲	Rick & Bulter ， 1956
ele	小型優雅	11-30	葉少，黃綠色，植株小	Stubbe ， 1957

f	多室果	11-95	果實多心室，異常發育而變扁	Rick & Bulter， 1956
fd	斑點葉矮性	12-31	葉上有淺綠斑點，植株延遲生長	Clayberg et. al.， 1967
fla	黄色葉	1-145	葉淡綠，小葉少	Stubbe， 1959
flc	垂葉矮性直立	7-59	植株小型直立，幾乎不分枝，葉短下垂易萎凋	Stubbe， 1959
fms	雌蕊不稔性		雌蕊變形，無功能，花粉正常	Clayberg et. al.， 1966
Fs	果實帶化	10-20	果實表面具暗綠放射狀條紋	Clayberg et. al.， 1962
ful	金黄色植物	4-24	葉片鮮黄色，漸漸變綠	Stubbe， 1957
ful-3	金黄色植物-3	3s	植株全生長期，葉片鮮黄色，而後變綠	Meredith & Rick， 1974
Ge	配子無效	4-27	在 Ge^c/Ge^p 雜結合個體所產生的 Ge^c 雄配子和雌配子均無效	Clayberg et. al.， 1967
gf	綠色果肉	8-44	因持續性的葉綠素，成熟果肉仍呈綠色	Clayberg et. al.， 1960
glv	幽靈	11-43	植株開始綠色，而後變白	Clayberg et. al.， 1960
glau	蒼白色	8	葉呈黄灰綠色，株小而直立	Stubbe， 1958
glg	淺灰綠	8-43	葉片淺綠色，葉脈色深，植株小	Clayberg et. al.， 1973
glo	球狀葉	4-72	節間和葉片均短，淺綠色；為不完全顯性	Stubbe， 1957
Gp	配子受精促進劑	9-0	促進配子受精時的競爭能力	Clayberg et. al.， 1970
gs	綠條紋果實	7-5	未熟果實表皮上有綠色條紋，成熟時呈金黄色	Rick & Butler， 1956
h	無茸毛	10-55	除胚軸外全株無茸毛，為不完全顯性	Rick & Butler， 1956
hi	裂葉矮性	9-42	葉裂片呈不規則鋸齒形，淡綠色	Stubbe， 1964
hl	無茸毛	11-48	植株無茸毛，莖脆	Rick & Butler， 1956
hp	高色素	12	果實中的葉綠素、類胡蘿蔔素和維生素 C 的含量高	Clayberg et. al.， 1960
Hr	粗毛葉	8-46	上葉表面有長茸毛	Clayberg et. al.， 1966
hy	全株黄色	10-14	所有莖葉部位，在生長期的各階段，為黄色	Clayberg et. al.， 1970
I	萎凋病免疫	11	抗半身萎凋病	Rick & Bulter， 1956
I-2	萎凋病免疫-2	11-100	抗半身萎凋病小種-2	Cirulli & Alexander， 1966
icn	白葉緣	10-46	葉片邊緣白色，植株發育受阻	Clayberg et. al.， 1970
ig	小型柔弱	7-27	植株直立分枝少，葉片大而淺綠色	Stubbe， 1959
imb	愚鈍株	1-75	植株衰弱分枝少，葉片由黄綠轉為	Stubbe， 1957

			淺綠	
ini	不完全矮性	11-68	幼葉色淺，全株小型，株型大小有差異	Stubbe， 1964
inv	不規則斑矮性	1-140	植株短小，葉片上有不規則細黃斑點	Stubbe， 1957
irr	不規則	1-55	葉片短，葉脈不規則，暗綠及黃色	Stubbe， 1958
j	無果硬節	11-28	無果硬節，花序不停心	Rick & Bulter， 1956
j-2	無果硬節-2	11-0	果梗長，無果硬節，花序不停心	Clayberg et. al.， 1960
l	黃色葉	8-10	早期葉片黃化，未熟果變黃	Rick & Bulter， 1956
l-2	黃色葉-2	10-91	性狀與 l 相似	Rick & Bulter， 1956
La	槍尖形葉	7-48	葉小全緣，莖細長；果實小，純結合個體會死亡	Clayberg et. al.， 1960
lg	淡綠葉	1L	生長各階段的葉片均為黃和綠	Rick & Bulter， 1956
lg-5	淡綠葉-5	7-17	葉片均勻淺綠色	Clayberg et. al.， 1966
Ln	茸毛密生	3-53	多毛，所有基因型均富有生命力，特徵明顯	Clayberg et. al.， 1973
Lpg	鐘形花	1-16	葉小、暗綠有光澤，花呈鐘形	Clayberg et. al.， 1966
ls	腋芽抑制	7-59	極少或全無腋芽，花冠發育受阻，部份雄不稔	Clayberg et. al.， 1960
ltf	闊葉	7-0	子葉和本葉均寬闊	Clayberg et. al.， 1973
lut	黃色葉	9-56	葉黃綠，葉脈色較深，生長點濃黃色	Stubbe， 1957
Lx	下垂葉	2-56	葉片下垂伸長，裂葉尖	Clayberg et. al.， 1966
lyr	扇形葉	5-31	第一本葉全緣，成長葉片呈扇形，雌蕊不稔	Clayberg et. al.， 1966
m	斑雜葉	2-77	葉片均為淡綠色斑	Rick & Bulter， 1956
m-2	斑雜葉-2	6-69	葉片上有許多細小的變色斑點，斑點的大小隨溫度變化而有差異	Clayberg et. al.， 1960
marm	大理石紋	9-62	葉上有白－淺綠大理石紋在溫室內最易表現出來	Clayberg et. al.， 1960
mc	大花萼	5-0	萼片和花序大而茂盛	Rick & Bulter， 1956
mcn	斑雜畸形	3-31	葉片黃帶綠，中間變斑雜最後呈畸形	Rick & Bulter， 1974
Me	鼠耳葉	2-48	3-4 片裂葉，先端呈棍棒形，節間短純結合個體能存活	Clayberg et. al.， 1967
Mi	抗線虫	6-35	抗根瘤線虫	Clayberg et. al.， 1960

mnt	極小矮生	11-51	植株小，分枝及結果少	Clayberg et. al.，1967
mps	極矮生缺磷症	11-85	生長顯著延遲，植株退綠變紫	Clayberg et. al.，1970
ms-2	雄不稔-2	2-69	花藥萎縮，色淡，無花粉	Rick & Bulter，1956
ms-5	雄不稔-5	2L	花藥異常小，無色，經常為稔性	Rick & Bulter，1956
ms-7	雄不稔-7	11-64	花藥稍微萎縮，花粉在四分期衰退	Rick & Bulter，1956
ms-8	雄不稔-8	8-11	花朵小，花藥色淡，萎縮，無花粉	Rick & Bulter，1956
ms-9	雄不稔-9	3-8	花藥近乎正常，無花粉	Rick & Bulter，1956
ms-10	雄不稔-10	2-40	花朵很小，雄蕊小，色非常淡，無花粉	Rick & Bulter，1956
ms-12	雄不稔-12	11-58	花朵很小，花藥萎縮，無花粉	Rick & Bulter，1956
ms-14	雄不稔-14	11-88	花藥色淡，萎縮，無花粉	Rick & Bulter，1956
ms-15	雄不稔-15	2-62	花藥短縮，色特淡，無花粉，花朵小，柱頭突出	Rick & Bulter，1956
ms-32	雄不稔-32	1-47	花藥非常小，短縮，色特淡，常為棕色，無花粉，柱頭突出	Clayberg et. al.，1966
ms-33	雄不稔-33	6L?	花粉異常，黃綠色，無花粉	Clayberg et. al.，1966
mta	叢生矮性	9-17	植株小，開展性叢生，節間短，葉長，生長點黃綠	Stubbe，1964
mts	致死樣矮生	1-94	植株小，叢生，節間及葉顯著縮短，嫁接在正常株上也不能形成花序	Stubbe，1963
mua	多果性花序	12L-?	本花序分枝多，著花多，橄欖綠色，葉脈間退綠	Stubbe，1963
nd	網目葉	10-117	幼葉呈輕微白化現象，後來長出的葉片葉綠素集中在葉脈周邊呈網目狀	Clayberg et. al.，1960
ne	壞疽葉	2-prox	與 C_1F_2 共存，使葉片產生逐行性壞死	Rick & Bulter，1956
ne-2	壞疽葉-2	11-	葉片上有許多灰色嵌疽斑，植株小而衰弱	Clayberg et. al.，1966
neg	排斥	11-40	植株小，分枝力弱，葉淡綠葉脈深綠，形成壞疽	Stubbe，1957
ni	伶巧	8-45	葉柄長而優美，葉片切刻深	Stubbe，1957
nor	不紅熟	10-19	果實成熟過程非常遲緩	Clayberg et. al.，1973
not	醒目葉	7-40	葉片小而細緻，在夏季易凋萎	Stubbe，1958
Nr	從不紅熟	9	果成熟呈灰桔黃，純結合個體會存	Clayberg et. al.，1960

Nr-2	從不紅熟	1L	果肉很慢變黃綠，並維持硬度	Kerr， 1982
nv	網目狀淡綠葉	9-20	葉為毛緣，子葉和本葉葉脈間色淡	Clayberg et. al.， 1960
o	卵圓果	2-55	果實卵圓形，不完全顯性	Rick & Bulter， 1956
oc	退色	4-24	葉呈尖形，退色呈白斑駁色	Stubbe， 1959
og	茶色花瓣	6-106	花瓣為茶色	Clayberg et. al.， 1966
oli	橄欖葉矮性	10-70	葉斑雜、淡橄欖色並萎縮	Stubbe， 1959
op	不透明葉	2-65	葉片淡綠，生長點黃色	Stubbe， 1958
p	桃形果	2-67	果實表面無光澤，長滿茸毛	Rick & Bulter， 1956
pat, pat-2			單偽結果	
pau	貧弱	3-0	植株細弱，不分枝；與正常株正反嫁接反應明顯	Stubbe， 1958
pcv	花斑		葉變形成細小，帶有白色深淺不同的綠色細條斑紋	Clayberg et. al.， 1973
pdc	萎縮	3-15	植株極度萎縮，葉片深綠色，狹小而皺	Rick et. al.， 1974
pds	缺磷症	6-0	發育受阻，葉小不規則，有黃綠色及紫色斑	Clayberg et. al.， 1970
pdw	灰白矮化症	7	植株小，葉淺黃，不變綠	Kerr， 1982c
pe	易剝皮	1L	果皮易剝離	Barton et. al.， 1954
ph	抗晚疫病	7	抗晚疫病菌的 To 小種	Clayberg et. al.， 1960
pl	透明葉	7-40	裂葉窄狹、淺綠、早期黃化	Stubbe， 1963
pla	剛直矮性	9-33	植株小、僵硬，葉黃到淺綠，葉脈色深	Stubbe， 1963
prun	李形果	2-56	植株各部份，特別是果實變長，顯性不明顯	Stubbe， 1957
ps	閉花不稔	2-61	花瓣不張開，不散佈花粉	Stubbe， 1956
pst	花柱殘存	7-5	果實發育期花柱不脫落，果頂顯著突出鉤形物	Clayberg et. al.， 1967
Pts	葉句織形	6-106	葉片分裂成三等份，半顯性	Rick， 1980b
pum	矮小	p-24	植株小，極少或不分枝	Stubbe， 1957
Py	抗黑斑病	-	抗黑斑病，雜結合個體中間性	Clayberg et. al.， 1973
r	黃色果肉	3-29	成熟果肉為黃色	Rick & Butler， 1956
ra	灰綠	4-31	葉下捲灰綠色，茸毛密而長	Stubbe， 1957
re	匍匐性分枝少	8-12	節間長、分枝少而且匍匐	Stubbe， 1958
res	限制	10-105	植株小，緊密，小葉呈船形，黃綠色，葉脈紫色	Stubbe， 1963
ria	僵直葉矮性	7-70	植株小，幼葉僵硬發黃	Stubbe， 1963
rig	僵直	8-35	植株小，幼葉僵直直立，葉變黃而	Stubbe， 1959

			後轉暗綠	
rin	成熟抑制	5-0	果實成熟為綠色，漸轉黃色	Clayberg et. al.， 1970
ro	叢生無花	2-50	節間特別短，不著花	Rick & Butler， 1956
rot	圓形葉	7-17	節間極短，葉短而寬	Stubbe， 1959
ru	葉片狹小	3-63	羽狀葉窄小，淡綠，葉脈暗綠，雜結合個體為中間性	Stubbe， 1958
rust	粗糙葉短性	8-58	植株侏儒狀，葉寬、羽狀葉減少，葉粗糙	Stubbe， 1957
rv	網狀綠白葉	3-76	新葉淺綠，葉脈暗綠，而後變為正常綠色	Rick & Butler， 1956
rv-3	網狀綠白葉-3	6-104	幼苗葉片淺綠，葉脈綠色	
rvt	紅色維管束組織	1L	根和莖維管束組織為深紅色	Clayberg et. al.， 1973
s	複合花序	2-30	花序和花數顯著增加	Rick & Butler， 1956
scf	子葉粗皮	1-76	子葉粗皮，有細條紋	Clayberg et. al.， 1966
scl	季節性退色致死	8-36	子葉常為淺黃色，幼苗早期會致死，但在強光時會回復	Clayberg et. al.， 1970
ses	半不稔性	1-25	植株小直立，幾乎無分枝，葉厚黃化，淺灰綠色，稔性降低	Stubbe， 1963
sf	茄葉	3-111	初期葉全緣，後生葉全緣捲葉，花萼和花瓣細呈絲狀	Clayberg et. al.， 1960
sfa	內卷葉矮生	1-152	植株更小，稍微分枝，羽狀內凹，黃色到黃綠色，葉脈紫色	Stubbe， 1963
sft	單束花	3	每花序上和花束少，非停心花序	Kerr， 1982d
sh	雪利	10L	果實成熟果肉黃帶淡紅	Clayberg et. al.， 1970
si	縮葉矮性	4-36	生長勢衰弱，葉小，葉皺縮，黃綠色	Stubbe， 1959
sit	乾燥狀葉矮性	1-32	植株弱小，葉短，逆境時呈萎凋狀	Stubbe， 1957
sl	無雄蕊	4-89	通常無雄蕊，果實變形	Rick & Butler， 1956
sn	焦毛狀	9	上表皮的茸毛很短，長的茸毛捲曲	Clayberg et. al.， 1966
sp	停心型	6-105	植株生長習性停心	Rick & Butler， 1956
spa	斑葉矮性	8-6	植型變小，葉片開始黃綠，而後變帶白化的黃綠斑，對維生素 B_1 有反應	Stubbe， 1959
spl	光澤葉	4-38	葉片具光澤的黃綠色，葉脈暗綠	Stubbe， 1963
spl-4	光澤葉-4	8L	葉鮮黃，葉脈色深，葉緣內捲	Borgmins， Meredith & Rick， 1974

sub	優雅矮性	11-89	葉小，節間短，羽狀葉狹而尖	Stubbe， 1957
sulf	黃色植物	2-prox	子葉黃綠，轉為淺黃，本葉黃色如不嫁接於正常植株上便壞死，常常發生體細胞轉換	Clayberg et. al.， 1960
sy	黃色子葉	3-46	子葉退色為黃色，本葉呈現黃色後轉為綠色	Clayberg et. al.， 1960
syv	白斑葉	4-8	生長點鮮黃，葉上有小白紋斑點可能會壞疽	Clayberg et. al.， 1973
t	橙黃色果肉	10-104	果肉和雄蕊橙黃色	Rick & Butler，. 1956
tab	衰弱	11-11	植株矮化，葉不規則，黃綠，葉脈紫羅藍色具壞疽斑	Stubbe， 1958
ten	貧弱	10-74	植株發育遲緩，葉淺綠，葉脈白色呈網狀，對維生素 B_1 有反應	Stubbe， 1957
tf	三裂葉性	5-31	葉通常祇有三裂，葉柄長	Rick & butler， 1956
tl	硫氨素缺陷型	6-27	葉黃斑早期會致死莖施用生素 B_1 則可存活恢復正常	Clayberg et. al.， 1966
tmf	主幹末端化	1L	主幹生長點末端化發育成單一個花朵，側枝正常	Clayberg et. al.， 1973
Tm-2	抗番茄嵌紋病毒病	9-22	對番茄嵌紋病毒病的多種生理小種如 0 ，1 和 2 抗病	Clayberg et. al.， 1960
tp	三裂葉	8-22	葉由三裂片組成，生長延遲	Clayberg et. al.， 1966
trs	tristis	8L	植株小，葉狹暗綠皺而下垂	Rick， et. al.， 1974
u	白皮	10-14	未熟果白皮，或淡綠，沒有綠肩	Rick & Butler， 1956
um	暗綠葉	1-119	成熟葉暗綠色，呈現萎凋，生長後期矮化	Stubbe， 1958
up	直立性花萼	11S	花萼直立並朝上	Garden， 1981
v-2	綠白色葉-2	2-65	在溫室生長時，初生葉色淡，在日間往往不能分辨	Clayberg et. al.， 1966
va	轉化葉	8-28	生長葉呈鮮黃綠表葉變正常	Stubbe， 1957
var	變色葉	7-0	生長葉呈鮮黃綠，漸轉變為綠色，植株稍小	Stubbe， 1957
veg	花無功能	2L	花畸形，常無功能	Barton， et. al.， 1954
ven	多脈葉	4-40	生長勢弱，葉小折摺，白黃色葉脈綠色	Stubbe， 1957
ver	黃色斑駁葉	4-17	幼葉黃色並有細斑點，葉脈綠色	Stubbe， 1958
vg	花無功能	4-89	花高度畸形，通常無功能	Rick & Butler， 1956
vga	叢狀矮性	8-36	植株小，節間短，幼葉淺藍綠，漸	Stubbe， 1963

			為暗綠	
vit	線狀葉片	3-111	葉畸形，後生葉更為粗曲絲狀	Stubbe， 1958
vms	不安定雄不稔	8-34	高溫下花藥異常	Clayberg et. al.， 1966
vrd	類病毒斑點	1-109	葉顯著屈曲生白色壞死斑，對環境敏感，在冬季最易發現	Clayberg et. al.， 1970
w	針金狀葉	4-20	葉片細呈針金狀	Rick & Butler， 1956
w-4	針金狀葉-4	4-28	葉同 w ，但表現不嚴重	Clayberg et. al.， 1966
wd	萎凋狀矮化	9-20	植株矮化，葉灰綠、遇乾旱，易脫落對嫁接敏感	Rick & Butler， 1956
wf	白花	3-44	花瓣色從淺黃到暗白色	Rick & Butler， 1956
wo	密毛	2-46	植株全體軟毛叢生，純結合個體無活力	Rick & Butler， 1956
wt	卷垂葉	5-46	葉緣葉軸卷曲，外觀下垂	Rick & Butler， 1956
wv	白綠芽生	2-41	子葉白黃色，新葉有白斑，而後回復綠色，植株發育遲緩	Clayberg et. al.， 1966
wv-2	白綠芽生-2	9-48	新葉白色，葉脈綠色而後轉為綠色	Clayberg et. al.， 1973
wv-3	白綠芽生-3	11-18	植株生長遲緩，白到綠具白斑紋	Borgmins， Meredith & Rick， 1974
x	配子致死	11-23	和 I 共存時使配子失去機能	Rick & Butler， 1956
Xa	黃葉	10-80	葉黃色，生長遲緩，純結合個體無生活力	Rick & Butler， 1956
Xa-2	黃葉-2	10-9	表現型同 xa ，純結合個體能存活	Clayberg et. al.， 1956
Xa-3	黃葉-3	10-38	如同 xa ，葉較綠	Clayberg et. al.， 1956
y	透明果皮	1-30	果實表皮無色	Rick & Butler， 1956
yg-6	黃綠葉-6	11-61	幼苗黃化，葉鮮黃，具白斑	Clayberg et. al.， 1966
yg-8	黃綠葉-8	8L	葉呈鮮黃色	Whalen， 1975
yv	黃白綠葉	6-35	新生葉黃綠，逐漸轉為綠色	Rick & Bulter， 1956

摘自 Atherton， J.G. and Rudick， J. 1986. The Tomato Crop 的 Chapter 2 "Genetics and Breeding" (Stevens M. Allen and Rick ， C.M.)

型病毒病更是番茄最大病害。以上病害都是藥劑難以防治的，因此祇有利用育種方法，自抗病種原轉移抗病基因到栽培品種，以育成抗多種病害，適應熱帶高溫多濕環境生長的新品種，方能解決夏季番茄生產難題。除此而外，在低溫潮濕地區則要注意晚疫病的防治，同樣此種病害藥劑防治效果不佳，培育抗病品種是唯一解決之道。

四、改進品質及耐貯運的育種

隨著各個國家經濟發展及社會生活習慣的變遷，消費者對番茄品質的要求日

新月異，舊有品質已經不能合乎需求，然而產品利用方式和不同國家人民食用習慣卻有很大的差別，以風味酸甜、顏色等品質的選擇上有所不同。一般來說對番茄品質共同性的特點如下：

果實大而整齊、果肉肥厚、種子少、子房室小、果形圓整、光滑無稜褶、果頂痕跡小、無裂果、果色鮮豔均勻、果蒂小、酸味略低、甜味高、風味良好及維生素等含量高、果硬度高、果肉具彈性耐擠壓、果壁肉厚、肉質緊密、水分較少，以上的特性都需要利用育種方法來改進之。

五、特定育種目標：

1. 適宜機械採收的鮮食和加工番茄育種

近來由於農村勞動人口短缺，農業生產面臨重大變革及轉型，想要利用有限的人力來生產日益增加消費量。倘若仍然停留在 50 年前的耕種方式，確實無利可圖，甚至不敷成本，在這先進科技，講求效率的工業社會，農業生產應該朝著企業化，機械化來邁進。番茄的生產本來就是勞力密集的產業，所以更要有新的育種方向，如無果梗節，果實硬度，開花結果或成熟期集中，枝葉短，不太旺盛，停心性強的停心型，適宜機械採收的特性。

2. 適宜整串採收省工的小果番茄

小果番茄是近十年來的新興水果用番茄，由於果粒小採收費時費工，況且都是非停心型的品種，開花與結果所間隔時間較長，採收時段分散，每次採收量少，需要人工多，在目前農村勞力奇缺下，是該產業的致命傷，為使此一新興作物能持續，育種策略要針對它的缺點加以擬定，所以，主要目標要選擇半停心性，側枝數少，開花結果及成熟要集中，果實硬度高，裂果少，特別是果穗成串排列整齊，果粒大小均勻及成熟期一致，利於整串採收以取代逐粒採收，確實達到省工栽培。

過去主要育種的成就及範例

世界上從事番茄育種和選種的工作已超過二百年，義大利人最早培育出新品種，當初選育不同果實形狀等特性的品種，早期北歐國家則針對果色來培育，英法兩國也著手於育種工作，美國在 20 世紀末致力抗病育種，1925 年從自然突變、自然雜交和雜交育種上得到很大的成就。抗病選拔起始於美國的 Essary 和 Edgerton 兩氏自病田中利用混合選種方法選出耐萎凋病的品種“Tennessee-red”第一個抗病品種，並在 1912 年於嚴重的感病田區選得一優良抗病單株，培育出一個名為“Louisiana Wilt Resistant”的品種。1920 年末葉，由雜交育種在後裔世代利用選拔方法，培育出很多品種，如 Pritchard 氏就以 Globe 和 Marble 雜交育成適應性強又抗萎凋病和白絹病的品種“Marglobe”。1930 年中葉育種家發展了改良選拔效力的過程，如將極早熟的栽培品種 “Red Currant（*L. pimpinellifolium*）”和大果停心型品種“Bison”雜交，在 F_2 世代先在花期時選早熟，第二步驟選停心性，由此法

產生早熟停心，平均果的直徑 2.5 cm 的品系“Farthest North”，這品種在北緯度地區栽種多年，也是重要的單偽結果性狀的來源。而後大多數的育種工作都是由商業組織機構來進行。有關各病害和耐熱性等育種的成就分別敘述如下：

一、病毒病（ Virus diseases ）：

為害番茄的病毒有番茄嵌紋病毒（ ToMV ），馬鈴署 Y 病毒（ PVY ），胡瓜嵌紋病毒（ CMV ），頂葉黃化捲曲病毒（ TYLCV ），和番茄斑點萎凋病毒（ TSWV ）等等，番茄嵌紋病毒病和頂葉黃化捲曲病毒病的漫延和流行最快速最嚴重。

1.番茄嵌紋病毒病（ Tomato Mosaic Virus ）：

番茄嵌紋病毒病在溫室內密集性栽培的生產狀況是一種很難防治的病害，育種家對病毒病所費的心力，不亞於萎凋病和青枯病。番茄嵌紋病毒病的抗病性育種工作，由美國夏威夷農業試驗場利用 *L. esculentum* ，*L. peruvianum* ，*L. pimpinellifolium* ，*L. hirsutum* 和 *L. chilense* 的種間複合雜交育種法，培育出具有 Tm-1 和 Tm-2 的品系，而 Tm-2^{a} 基因則是自 *L. peruvianum* （ PI 128650)分離出來的。1980 年 Hall 和 Bowes 兩位研究者，研究結果發表，三個顯性複對抗病基因和病毒小種間的特殊反應（表二）。Tm-1/+雜結合體和 Tm-1/Tm-1 純結合體，對病毒小種 O ， OY ， 2 具耐病反應，中度嵌紋病徵出現，而對小種 1 和 1 ， 2 為感病反應。Tm-2/+雜結合體對病毒小種 O ， OY ， 1 具有抗性反應，但呈系統過敏性壞疽反應，而 Tm-2/Tm-2 純結合體為正常抗病反應，無病徵，對小種 2 和 1 ， 2 兩者均為感病反應， Tm-2^{a}/+雜結合體對所有小種呈現抗性反應，但有系統過敏性的壞疽反應，而 Tm-2^{a}/ Tm-2^{a} 純結合體為具對所有小種呈現完全抗病反應，無病徵；Tm-1/+， Tm-2/+兩基因雜結合個體對小種 O ， OY ， 2 具抗病反應，對小種 、呈抗病但有系統過敏性壞疽反應，對小種 1 ， 2 則為感病反應。Tm-1/+， Tm-2/Tm-2^{a} 個體對小種 O ， OY ， 1 和 2 呈抗病反應，但對小種 1 ， 2 雖有抗病反應，然而仍呈系統過敏性壞疽反應。

表 2. 番茄嵌紋毒素病病理小種與番茄各抗病基因型的反應*

番茄嵌紋毒素病病理小種	基因型							
	Tm-1/+	Tn-1/Tm-1	Tm-2/+	Tm-2/Tm-2	Tm-2^{a}/+	Tm-2^{a}/ Tm-2^{a}	Tm-1/+ Tm-2/+	Tm-1/+ Tm-2/ Tm-2^{a}
O	T	T	R*	R	R*	R	R	R
O，OY	T	T	R*	R	R*	R	R	R
1	S	S	R*	R	R*	R	R*	R
2	T	T	S	S	R*	R	R	R
1，2	S	S	S	S	R*	R	S	R*

*摘自 Hall and Bowes 1980

T＝ 耐病反應、中度嵌紋病徵 S＝ 感病反應、呈明顯嵌紋病斑

R＝ 抗病反應、無病徵R*＝ 抗病反應、但偶而會有壞疽病斑出現

2.番茄頂葉黃化捲曲病毒病（Tomato Top Yellow Leaf Curl Virus）

它是經由菸草粉虱傳遞病毒嚴重為害番茄的生長，在埃及的夏秋兩作受損百分之百，通常都超過百分之八十的減產， Pilowski 和 Cohen 兩氏在 1974 年發表 *L. chilense* 和 *L.* peruvianum 的幾個種原具有抗性， *L. pimpinellifolium* (LA121)具有耐病性。 Hassan 等人在 1982 年篩選具抗病的 180 個栽培品種和育成品系，結果全部極感病，並且也測試 26 個野生種種原，發現 *L. cheesmaii* ， *L. hirsutum* ， *f glabaratum* ， *L. peruvianum* ，和 *L. peruvianum* ， *f. humifusum* 具高抗性。 *L. pimpinellifolium* 的種原則有不同，但到 1982 年更清楚此病毒的抗病性是複雜遺傳性。因此育成具高水準抗病性的品種是刻不容緩。到 1996 年為止世界上的研究學者已篩選檢定出的耐病或抗病的種原和品種。

表 3. 番茄頂葉黃化捲曲病毒病的抗病性種原及品種

抗病性類別	品種或野生種
耐病	Ty-king F_1 ， Fiona F_1
	Ty-52 ， Tainan ASVEG #6
抗病	H24 ， *L. chilense*
	(LA2723 ， LA1969 ， LA1960 ，
	LA1962 ， LA3112...etc.)

二、青枯病（Bacterial wilt）

熱帶及亞熱帶的平地，青枯病是生產番茄的主要病害，它能嚴重阻礙在高溫多濕之亞熱地帶的生產。夏威夷農業試驗場發現一個抗病種原 *L. pimpinellifolium* (PI127805)， Acosta ， Gilbert 和 Quinon 等研究者於 1964 年培育了具高抗病性的栽培品種，並指出該抗病性與溫度有複雜的反應。菲律賓的蔬菜研究中心育成了抗病的 VC 系列的品系。位於台灣的亞洲蔬菜研究發展中心也在 1972 起到 1997 迄今致力於抗病性的育種工作已先後育成上百個抗病品系（其代表性品系如： CL8d ， CL9 ， CL11d ， CL143 ， CL1131 ， CL2729 ， CL5915 ， CLN65 ， CLN229 ， CLN236 ， CLN363 ， CLN475 ， CLN657 ， CLN698 ， CLN1460 ， CLN1462 ， CLN1464 及 CLN1466 等系列品系）。

有關青枯病抗病性遺傳，不同研究者使用不同抗病材料，所得結果也不相同，即使使用同一種材料，在不同時期及不同溫度環境下行抗病檢定，也可能得到不同結論， Acosta J.C. 1964 年發表野生種 *L. pimpinellifolium* (PI127805A)的抗性由數個不完全顯性或隱性基因控制，抗病基因與停心型基因連鎖，幼小植株表現不完全顯性，成長植株則表現隱性， Wenstead 氏和

Kelman 氏在 1952 年認為青枯病的抗性遺傳可能受多基因控制，Henderson，W.K. 進一步指出是由累加性的多隱性基因控制，夏威夷的 Gerbert 在 1974 年發表育成的 "Kewalo" 品系由 *L. Pimpinellifolium* PI 127805A 的選拔系統 HES 5808-2 為親本所育成的，其抗病性是受少數主效基因控制，母本自美國北卡羅萊納農業試驗場引進在日本舊園藝試驗場興津分場而育成 BF Okitz-101，另外也自夏威夷引進 H7998 而命名為 LS89。

亞蔬中心 Vallelar 和 Lai 兩氏在 1973-1979 年利用 Vens，Saturn 和 VC 品系育成中抗青枯病品系如 CL8d，CL9，CL143，CL1131 及 CL2729 等，但是認為抗病性為多對隱性基因控制。1979~1992 年 Opena 和 Chen 兩氏利用這些抗病種原再度培育出更抗病品種，如 CL5915，CLN65，CLN229，CLN 236，CLN 475，CLN 657，和 CLN 698 等系列，並且利用回交法培育後代做遺傳研究，1990 年發表青枯病的抗病性是類似量性狀，由數對顯性主效基因和數目不詳的微效基因控制。

世界各國研究學者所發現或育成的品系（種）列於下表：

表 4. 青枯病的抗病性種原及來源

品種名稱/種原代號	種原數	高抗病種原數	來源（國家）
VC series	89	11	Philippines
CRA series	31	19	Guadeloupe
Caraibe	1	1	(French Antilles)
MT series	10	8	Malaysia
Saturn，Venus	2	0	North Carolina，USA
Rodade	1	0	South Africa
Scorpio	1	1	Australia
Katugastota	1	1	Japan
BF 101，LS89	2	2	Japan
1-2，PI406994	2	2	Panana
H7996	1	1	Florida，USA
H7997	1	1	Florida，USA
H7998	1	1	Hawaii & florida
L 366	1	1	Unknown
L285	1	1	Taiwan
總數	142	43	

三、半身萎凋病 (Fusarium wilt)

1905 年美國育成了具有多對基因的水平抗病的兩個品種。"Marglobe 和 Prichard。由於這兩個品種僅為耐病而已，因此在 1940 年育種專家和病理學

者找到了一個具有單一顯性免疫性 I 基因的種原 Missouri 160 (*L. pimpinellifolium*)，而後具有 I 抗病基因的品種 Pan America 就是由此種原育成的。並在當時許多具有 I 基因的抗病品種，都被推廣到主要番茄栽種地區。在培育新品種已經很普通利用斷根法或浸根法來篩選。到了 1945 年時已報導有新的生理小種，但是到了 1960 年才在美國佛羅里達州發現，並被利用培育新的抗病品種。 1955 年 Alexander 和 Hoover 兩氏已確定在一些種原中具有抗小種 I 種原，這些在佛羅里達州未鑑定。其中 PI126915 (由 *L. pimpinellifolium* 和 *L. esculentum* 雜交得來的)為最好的育種種原，而且這一抗病基因為一顯性基因，同時這個種原也具有抗小種 1 的 I 基因。 1996 年 Cirulli 和 Alexander 兩氏認為抗小種 I 是一獨立的基因，並建議稱為 I-2 基因，美國佛羅里達州農業試驗場所推廣的品種"Walter"具有這個抗病基因。自從萎凋病病菌小種 2 在其它生產地區成為重要病害，這一抗病基因已普遍轉移到許多的栽培品種上。1983 年 McGrath 和 Toleman 兩氏在澳大力利亞發表了小種 3 ，並且在 *L. pimpinellifolium* 的 BTN472 ， PI124039 ，和 *L. esculentum* 的 US628 和 US629 等品種。對此小種具有抗病性，然而 L. escu.的品系較 *L. pimp* 的品系抗病性低，同時這兩個不同來源的種原，所具抗病性和遺傳性也不簡單，遺傳力也祇有中等。

四、晚疫病（ Late Blight ）

1946 年致力研究尋找晚疫病的抗性，1964 年 Andrus 氏發現 17 個番茄品種具有各種程度的抗病性。1955 年 Gallegly 和 Marvel 兩氏相信對晚疫病菌的抗病性有兩種類型，第一型是一個顯性基因（ph），它對小種 O 具有抗病性，第二型為具量性狀的多對基因抗病性，後者之抗病性是抗小種 O 和 1，但當環境很適合病原菌繁殖時，它就不會表現滿意的抗病性。1966 年 Pecaut 和 Laterrot 兩氏發表 West Virginia 63 所具的抗病性比在法國所測試的生理小種還要抗病。因此認定這品種具有單一顯性抗病基因和複對基因抗病性。1997 年 Wang，Black，Hanson 和 Chen 等從收集的 6,900 個種原篩選獲得兩個屬於 *L. pimpinellifolium* 野生種 L3707， L3708，及兩個屬於 *L. hirsutum* 野生種的 L3683，L3684 均表現高度抗病，這四個抗病種原在晚疫病發生嚴重的印尼、尼泊爾、菲律賓、坦尚尼亞及泰國的高冷地區田間測試結果，也同樣表現抗病。抗病遺傳研究以 L3684，L3708 與感病的 Moneymaker 雜交，再與亞蔬中心育成耐熱品系 CLN657 雜交所執行的 F_1，F_2，BC_1F_1 及 BC_1F_2 後代族群遺傳分離結果，顯示 L3684，L3708 具抗病性是由一對部份顯性基因所控制。

五、黑黴病 (Black Leaf Mold)

1992-1996 年亞蔬中心 Wang ， Black ， Hanson 和 Chen 等自種原篩選獲得抗病種原 *L. hirsutum* (PI134417)和 *L. esculentum* (PI2544655)與四個亞蔬中心育成耐熱但感病的品系 CLN657 ， CL143 ， CLN698 及 CL5915 雜交，

得到四個雜交組合，每組合分別測試 P_1，P_2，F_1，F_2，BC_1F_1 和 BC_1F_2 的個體，在 F_2 世代族群的抗感遺傳分離經由卡方分佈測定結果得到抗：感之比例為 1:15，而 BC_1F_2 族群的抗感遺傳分離，其抗：感之比例為 1:63，由此結果顯示兩個抗病種原 PI134417 及 PI254655 所具之抗病性是由兩個隱性基因所控制並有互補作用。

六、根瘤線虫（ Root-knot Nematode ）

1944 年，美國的 P.G. Smith 研究者以栽培種和野生種秘魯番茄（*L. peruvianum* var. *dentatum*）的 PI128657 雜交，並利用未成熟種子做胚培養該種間雜交後代。1956 年 Gibert 氏再利用這個種間雜交後代與栽培種回交，育成 HES4969 和 HES4846 兩個抗病品系，並經由遺傳研究結果發表根瘤線虫的抗病性是由一對顯性基因所控制。早期夏威夷的 Anahu 品種和加州的 VFN8 品種，以及許多抗性品種都是利用這兩個抗病品系為親本所培育出來的。細胞遺傳學上研究，確定該病基因位於第六條染色體上，定名為“Mi”基因。該基因對於 M. javanica， M. acrita 和 M. arenaria 等三個生理小種也都呈現抗性。1974 年 Rick 和 Fobes 兩氏發現 VFN8 和其他抗病品種同樣具有同功異構脢酵素(Acid phosphatase)這個變異體原先祇在 *L. peruvianum* 野生種上才有。1980 年 Medina-Filho 和 Stevens 兩氏研究發表了許多抗病品種和育成品系，並且發現感病品種的基因型為 $APS\text{-}1^{+/+}$，或 $APS\text{-}1^{1/1}$，抗病的雜交一代品種的基因型為 $APS\text{-}1^{+/+}$或 $APS\text{-}1^{+/1}$，在所有夏威夷來源抗病品種的基因型全部是 $APS\text{-}1^{+/+}$，而基因型為 $APS\text{-}1^{1/1}$ 的則全部由美國加州大學育種計畫所育成的。同時也發現 $APS\text{-}1^{1}$ 和 Mi 兩個基因有連鎖現象，當利用夏威夷來源品種和加州來源品種培育抗病品種的早期世代時，發現這兩基因會發生交叉現像，經由連鎖遺傳性的測定，證實在篩選抗病性時，可以基於 $Aps\text{-}1^{1}$ 的標記基因來確定抗病與否，而且鑑定這同功異構脢酵素的標記基因之電泳技術（ electrophoretic technique ）在育成抗線虫品種上幫助很大，近年來利用這技術培育成功的雜交一代抗病品種，已在世界各地推廣栽種。

七、耐熱、抗多種病害品系的培育成果

亞蔬中心自 1972 年成立至 1997 年為止，25 年來著手熱帶番茄品系的培育，育種目標主要為耐熱性，抗多種病害及優良品質，育種策略及方法是採用階段漸進式(圖 1.)來階段性完成所擬定的育種目標。第一階段於 1972-1980 年間完成耐熱性及抗青枯病，種原篩選和品系的培育，共自 4050 個種原中篩選得到 38 個耐熱品系，經由雜交育種法以耐熱和抗青枯病種原組合培育得到 CL8d， CL9， CL11d， CL143 等品系；第二階段於 1981-1983 年間完成耐熱性、抗青枯病和番茄嵌紋病毒病品系，共育成 CL1131， CL5915 及 CLN65 等系列品系；第三階段於 1984-1986 年間再完成根瘤線虫抗病性導入 CL5915 和 CLN65 品系而育成 CLN236， CLN229 及 CLN363 等系列抗多種病害及耐熱品系；第四階段於 1987-1990 年間完成 CLN657， CLN698 和 CLN466 除

具備耐熱抗多種病害外還具果硬、耐裂果、大果粒；第五階段於 1991-1997 年間特別育成 CLN1460，CLN1463 及 CLN1466 等品系，主要提高果實硬度、大小及耐熱性和青枯病的抗病性。以上育成品系在全球 32 個國家，推廣命名了 93 個品系，其中非洲有 10 個國家，推廣栽種 23 個品系，亞洲及太平洋地區有 16 個國家，推廣了 38 個品系，拉丁美洲有 5 個國家，推廣 6 個品系，大西洋地區有兩個國家，推廣了 5 個品系，在台灣地區有加工番茄品種台南選 2 號和台南 3 號分別在 1982 年和 1986 年命名推廣栽種，另外引種評估美國 peto seed 公司的 UC204A 品種給可果美公司做為機械採收品種，於 1995 年機收面積有 30 公頃，夏季鮮食大果品種台中亞蔬 4 號 (圖 2.) 和花蓮亞蔬 5 號分別在 1989 和 1990 命名推廣為夏作主要栽種品種，至 1997 年止年度栽種總面積已超過 500 公頃，佔夏作種總栽培面積百分之八十。夏季鮮食小果品種台南亞蔬 6 號於 1996 年 (圖 3.) 命名推廣栽種，面積已達 800 公頃。

國內外私人公司不遺餘力的培育及開創新品種，國內農友種苗公司在 25 年前育成的鮮食大果一點紅品種"Ky301"風靡全省，至今仍是秋冬栽培品種，近年來新品種如雙福、朱慧、新光也都上市，其他公司如生生種子公司推出的萬人緣、一點紅、豐榮、金鈴等也分散在各地種植。另外鮮食小果品種大部份品種由農友種苗公司推出，如早期的女兒紅、聯珠、四季紅，及近六年來的聖女及朱麗等品種在市場佔有率很高，至於加工番茄品種，由於加工番茄產業已經沒落，現今只有台灣可果美公司繼續生產果汁、番茄醬等產品，該公司所栽種品種，全部由日本可果美公司提供，如早期的 Tk70 幾乎是所有加工番茄主要原料品種，近十年來才由新品種 TK10，TK11，TK18，TK20，和 TK21 取代之。國外美國 peto seed 公司育出很多著名及普遍栽種的品種，鮮食大果品種如 Ace-Hy，Better Boy，Beldor，Bigest，Carmen，Cavalier，Celebrity，Contessa，Duchess，Empero，Hypak，Luxor，Monte Carlo，President，San Remo，Cal-Ace，Pakmor，Tropic，Flordade，Caribe，Walter，Heatwave，Heatmaster。加工番茄如 Nema 1200，Nema 1400，Nema 1401，proc #2，peto111B，Petopride#2，Nemapeel，Nema-mech，Early peel，peto 86，peto 98，UC82B，UC204A，Rio Grande，及 Peto mech II 等，鮮食小果品種如 yellow pear，yellow plum，sweetie red，cherry small，sweet cherry，small Fry VFN 等等。其他如美國的 Heinz，Harris Moron，Sunseed，和 Ferry Morse 等公司，荷蘭的 Sluis & Groot 公司，日本的 Takii 公司及義大利的種子公司等主要番茄生產國也都育出很多抗病及品質優良的品種供他們本國種植或外銷。

實例一：亞蔬熱帶番茄育種計畫的流程

階段/年份	育種方法	育成之代表品種（系）	主要特性
第一階段 1975-1980	單雜交 *系譜法	CL2729，CL8d，CL9， CL143，CL11d	中小果，耐熱 抗青枯病
第二階段 1981-1983	雙雜交 *單籽後裔法 *系譜法	CL1131 及 CL5915 等系列品系	中小果、大果 耐熱性強，抗青枯病 抗番茄嵌紋病毒病
第三階段 1984-1986	回交 *單籽後裔法 *系譜法	CLN363，CLN236 及 CLN229 等系列品系	中果、大果 耐熱性強，抗青枯病 抗番茄嵌紋病毒病
第四階段 1987-1990	回交 *單籽後裔法 *系譜法	CLN657，CLN466 及 CLN698 等系列品系	中果、大果，耐熱性強 抗青枯病，抗番茄嵌紋病毒病， 抗根瘤線虫，果硬，耐裂
第五階段 1991-1996	雙雜交/回交 *單籽後裔法 *系譜法	CLN1466，CLN1460， CLN1464，PT4675B 及 CHT1043 等系列品系	中果、大果，耐熱性強 高抗青枯病，抗番茄嵌紋病毒病， 抗半身萎凋病，果硬，耐裂果
特別計畫 1983-1996	雜交一代品種	Taichung ASVEG #4 Hualen ASVEG #5 FMTT33，FMTT553， FMTT556，FMTT593 CHT264，CHT265 及 CHT104，CHT437 等品系	耐熱性高，抗青枯病 抗番茄嵌紋病毒病， 抗根瘤線虫，果硬，耐裂果

實例二、台中亞蔬四號的育成過程

一、親本的育成：

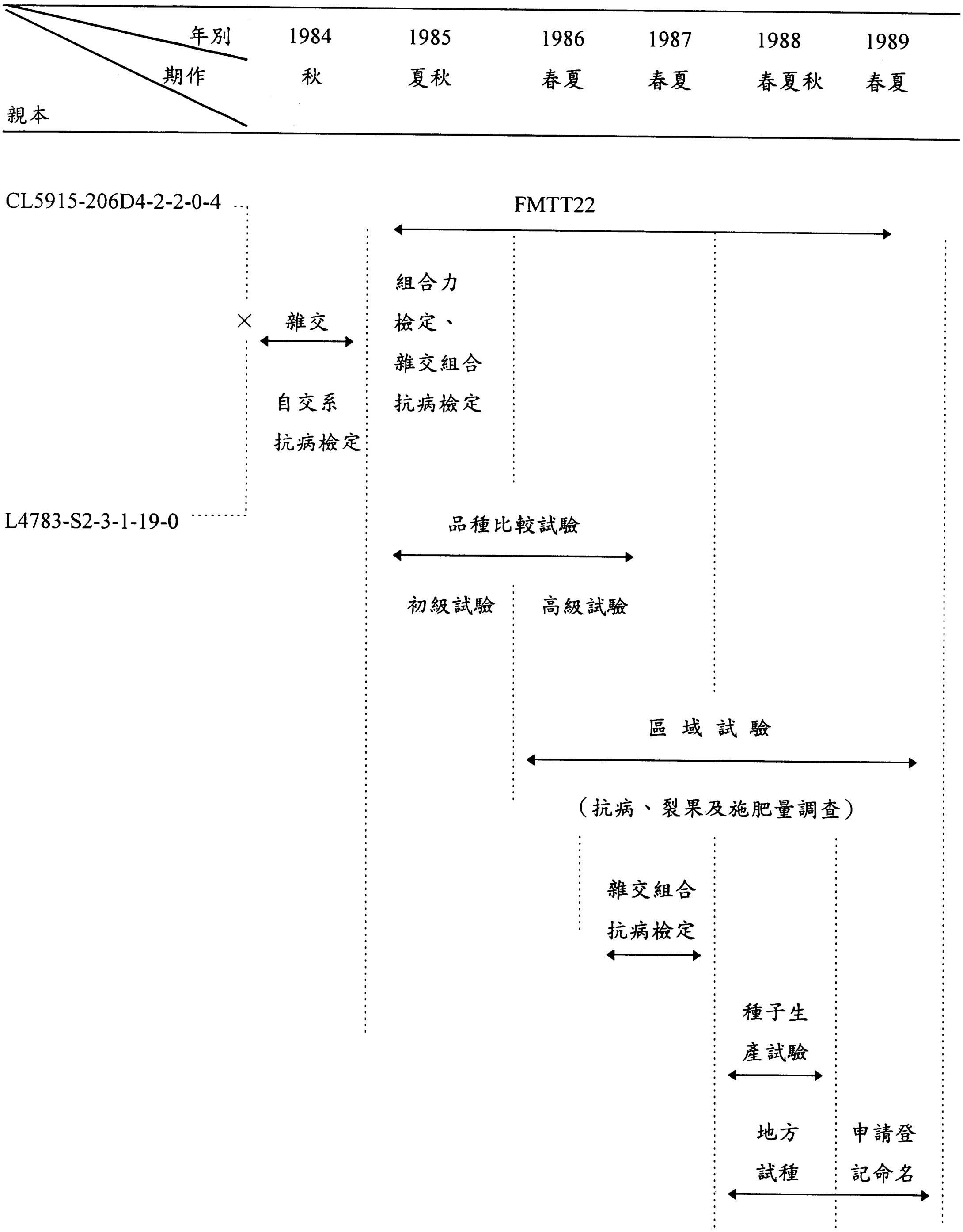
1.母本為 CL5915-206D_4-2-2-0-4 係由 CL1131-0-0-38-4-0 x L127 單雜交組合 F_1 與 CL9-0-0-1-3 x CL949-0-8-0 單雜交組合 F_1 之雙雜交後代，利用單籽後裔法世代繁殖培育，母本於 1984 年選拔育成，其系譜如下：

年代	世代	系譜
70 年 10 月（單雜交）		CL131 F_5-38-4-0 × L127 CL9-0-0-1-3(F_6) × CL949-0-8-0(F_5)
71 年 1 月（雙雜交）		CL5576 (F_1) × CL5579 (F_1)
71 年 4 月	F_2 (DC_1)	CL5915 DC_1
71 年 7 月	F_3 (DC_2)	CL5915 DC_2 單籽後裔法世代繁殖
71 年 10 月	F_4 (DC_3)	CL5915 DC_3
	TMV 抗病性篩選	↓
72 年 4 月	F_5 (DC_4)	CL5915-206D_4
	耐熱性篩選，單株選拔	↓
72 年 8 月	F_6 (DC_5)	CL5915-206D_4-2
	抗青枯病篩選，單株選拔	↓
72 年 11 月	F_7 (DC_6)	CL5915-206D_4-2-2
	品系株行試驗觀察	↓
73 年 3 月	F_8 (DC_7)	CL5915-206D_4-2-2-0
	耐熱性篩選，單株選拔	↓
73 年 9 月	F_9 (DC_8)	CL5915-206D_4-202-04

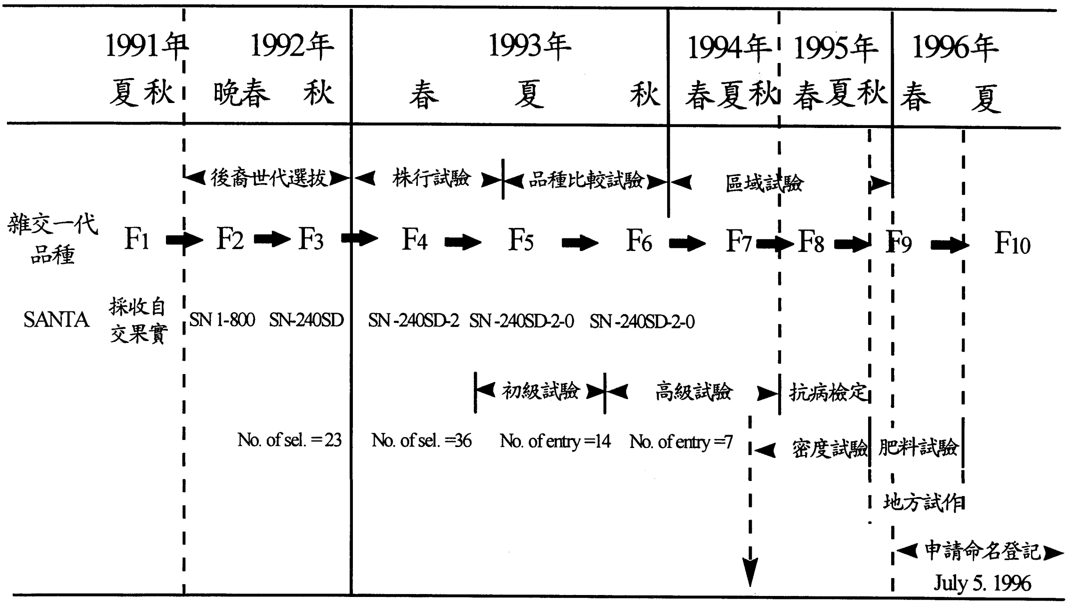
2.父本（ L4783-S2-3-1-19-0 ）之選育，係自高雄縣彌陀鄉收集之地方栽培品種彌陀黑柿經過五個栽培世代之純系選拔而成，其選育過程如下：

年 代	世 代	系 譜
70 年 10 月	第一世代	L4783
	單株選拔	↓
71 年 10 月	第二世代	L4783-S2
	株行試驗，單株選拔	↓
72 年 3 月	第三世代	L4783-S2-3
	株行試驗，單株選拔	↓
72 年 10 月	第四世代	L4783-S2-3-1
	株行試驗，單株選拔	↓
73 年 3 月	第五世代	L4783-S2-3-1-19
	品系觀察試驗，已純化混合採種	↓
72 年 10 月	第六世代	L4783-S2-3-1-
19-0		

二、台中亞蔬四號育種流程圖



實例三、台南亞蔬六號的育成過程



主要育種實施方法及過程

作物品種的評估、改良及培育不外乎 1.引種 2.選種 3.培育自交系 4.培育雜交一代等四種程序，下列分別詳述各種程序的實施方法和過程。

一、引種：

引種並不是真正的育種，而是育種程序的起源，它乃是利用向各地蒐集各研究機構或種子公司現成育成的材料來試種評估或利用做育種材料，基本上是從兩方面著手，一是引進自然界優良野生種所具備抗病性、抗虫性、抗逆境及特有品質為主要育種材料的來源，加以導入栽培種所缺乏的特性來改良培育出適應新環境的品系（種），達到栽培作物生產的目的。二是收集國內外農業研究機構或種子公司所育成的栽培廣泛的優良品種，直接供應本地栽培的需要或間接做為雜交育種或選拔育種材料，此種方法又經濟又有效的育種程序，雖然不能完全依賴外來的優良品種作繁殖推廣，但在通常在剛成立的試驗機構或開發中的國家，如要在短期內提高某產業的生產力，常常都利用引種的方法來節省時間及經費，因為一個優良自交系的培育成功，少則 7-8 年，多則數十年，故循著一般育種步驟，育成適合當地優良品種，非但緩不濟急，反而無所取材，並徒勞無功，對無恆心的育種者或決策者是一致命的打擊。

引種可以循著下列四個步驟來進行 1.引進材料直接試種繁殖利用或推廣 2.引進材料加以選種試種繁殖利用 3.引進材料與當地適應性強的品種雜交得雜交一代品種 4.引進材料與當地品種循雜交育種方法培育新的自交系。

一個新興或開發中的國家對引種事業認識不深，也常沒有組織及決策，所以國外新品種常常由學者、傳教士、商人、旅行者、隨意的攜帶進進出出，也常將本國前所未有的病虫害介入或將當地的病源攜出，造成不必要的困擾及為害，因此一個有組織有系統的引種程序是一個國家農業發展成功的必備條件，今將引種的方法敘述如下：

1.引種及登錄：

研究學者、育種家自國內外研究機構或種子公司引進的栽培品種或野生種，應詳細記載（1） 每一品種的來源由何地（國）、機構、公司輸入（2）該品種屬於栽培種、野生種、種別、雜交一代或固定種（3）每一品種的主要特性—抗病性、抗虫性、耐熱性、耐鹽性、耐旱性、耐水性等（4）引進的年、月、日（5）特殊特性，並交專門種原庫機關辦理登記，由種原庫保存小部份，其餘由原引種單位，進行觀察試驗及抗病性檢定。

2.觀察試驗：

每年將引進的品種，每種種植一畦，畦長 4.8 公尺，畦寬 0.9 公尺（包括畦溝為 1.5 公尺 ），行距：停心型（有限）型， 1.5 公尺（單行畦），非停心型（無限）型， 0.6 公尺（雙行植），株距均為 0.4 公尺，並於春或秋種植，本地栽培種為對照，夏季則行耐熱性篩選及抗病性檢定的評估，而春、秋作主要調查各項重要農藝和園藝性狀，例如農藝性狀有莖色、生長勢、生長習性、開花期、花序形狀、結果期、結果率、枝葉覆蓋性及緊密性、成熟期等；園藝性狀有果形、果色、果肩色、果重、果實棱褶情形、子房心室、果硬度、裂果、落果難易、果實在果穗上的成串性、果壁肉厚度、著色均勻性、果頂痕跡大小及形狀、果蒂大小、果梗長短、果梗摘除難易、果心大小及風味品質等。若是野生種，則要觀察開花習性，自交親合性，如有自交不親合者必須採蕾期人工自花授粉，促使結果採種。

3.抗病性檢定

自國內外引進的栽培品種或野生種，如在引進資料中已載明具備病害的抗病性時，在利用做育種材料前，應再次利用各種病害抗病性檢定法加以檢定，以確認所具備的抗病性，以免延誤雜交育種的時效。

二、選拔育種法：

選拔育種法是育種家所採用最早的育種方法，它的主要目的不是要產生新型或新品種，而是自已經收集到的栽培品種或地方品種的集團中，加以選出在原有集團內的優良個體，再加以純化繁殖之，以保存原品種的特色。通常所收集的地方品種都是由農民自行留種多年，在無意中可能混雜，而未經過育種專責機構進行純度檢定，所以每當收集這些材料時，應再利用選拔育種方法來處理，其方法有混合選種法和純系選種法。

1.混合選種法（ mass selection ）：

又名集團選拔法，是最粗放的選拔育種方法，其實施方法為在栽培田區的每

一種集團中選拔生育旺盛及具優良園藝性狀與原地方品種相類似的單株約50株，每株平均採收兩個果實，混合採收種子，供次一代種植，株數均為2000株，再自該集團中選拔優良的50個單株，混合種子再供次年種植，依此類推直到該品種的性狀純一為止，然後再與原種行品系比較試驗以確定選種的成效，實施程序如圖7.。

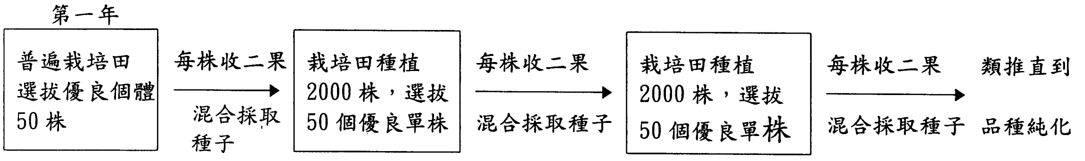


圖7. 混合選種之模式圖

2.純系選種法（pure line selection）：

純系是種質組織相同，而其種質又未曾發生變化之一個或數個單株的後裔，一般來說，在品種改良上，凡自交作物或常異交作物，由一單株，一單穗(果)繁衍的後裔；異交作物之單株或單穗（果），經過若干代之連續自交，所選出不再分離之系統，或由無性繁殖之作物，由一種塊繁殖的後裔，皆得稱之為純系，純系選種法包括四種不同步驟：

(1)單株選拔：於大栽培田區中，選拔俱有優良園藝特性生育旺盛的單株40-50株，並分別編號、調查記錄主要的特性，成為品系。

(2)分離純系：將這些選拔品系，每品系各種植40株，進行品系間觀察，以肉眼鑑定優劣及有無分離現像，選拔4-5個優良品系，然後在這些優良品系內，每品系選拔1-2株優良單株，編號、調查記錄之。次一代品系種植 24 株繼續選拔、編號、調查記錄，如此重覆步驟，直到所選拔品系性狀一致不再分離，成為固定品系。

(3)鑑定後裔品系：純系選種之目的，主要在於選拔優良的純系，待品系不再分離成為固定品系時，與地方品種及原品種正式進行品系比較試驗，每品系24株、2行、二重覆，觀察評估產量，園藝性狀等，以比較新品系的優劣。

(4)繁殖推廣：品系比較試驗結果，一切性狀、品質、產量、優於原栽培種，進行繁殖種子推廣，推廣之後每年調查農民栽培品種之產量及品質。

三、雜交育種

番茄是一天然自花授粉作物，其天然雜交率僅2-3%。主要育種方法除了引種、選拔法是育種的根本及起源，真正培育、改良一個作物，創造適應新環境，突破產業生產瓶頸的重要方法即雜交育種和雜交一代品種育種，前者是利用雜交育種法來選配新雜交組合，再從其後裔集團中來選育優良個體，並根據欲導入各種抗病性遺傳的不同，所採用的育種方法有系譜法、改良式混合法、單籽後裔法、改

良式單籽後裔法、限制回交法及全回交法等六種來培育新的自交系；後者則可利用雜交育種所育成之具優良園藝性狀及抗多種病害的自交系為雜交親本，再與優良引種固定品種或選拔育種選育的固定品系，雜交培育雜交一代品系，以下詳述各育種方法的程序和實施方法。

1.一般雜交育種法

(1) 親本選擇與雜交

A. 親本選擇：依據育種目標，選出具有所期望之優良性狀的品種為雜交親本，並且儘可能至少具備有一個顯性狀的標記基因，以隱性基因者為母本，以便將來第一代雜種，容易鑑定雜交成功與否，可以有效節省人力及時間，順利執行育種工作。

B. 雜交方法：先了解各父母本開花期之早晚，通常父本至少提早 10 天種植，安排種植時期，若是不知道父母本開花期時，則父本提早 14 天種植。去雄時期選擇，上午選擇開花前 2-3 天的花蕾為宜，小心去除雄蕊，並在開花當天上午九時以後授粉，授粉後掛上已標記父母本名稱，授粉日期的小塑膠牌，一般一花序做 3-4 朵花，每組合雜交 10 朵花， 足夠採收 100 粒以上種子。

(2)後裔分離及選拔

A. 系譜法：（參閱圖 8.）

a. F_1 與 F_2 世代的培育及選拔：雜交組合所得雜交種子，每組合種植 10 株，株距 0.4 公尺，行距0.6 公尺，雙行植，開花前、結果期及成熟期鑑定雜交種後，自各株平均採 5 個自交果實，碎取種子得 F_2 世代，將 F_2 種子混合之，每組合種植 1000 株，於結果期及成熟期選拔具有高結果率，園藝性狀優良個體 50 株，（ F_2 世代選拔率為百分之五），然後分別編號、調查、記錄成為 F_3 系統。

b. F_3 世代的培育及選拔：所選拔的 50 個系統，每系統各種植 1 畦 40 株，行株距為 1.5 公尺 x 0.4 公尺，成熟期進行系統選拔，選拔 10 個優良系統，再行優良系統的系統內選拔，每系統選 2-3 株優良單株（選拔率為百分之六），編號，調查、記錄，共可得 20-30 個品系。

c. F_4 與 F_5 世代的培育及選拔：選拔之 20-30 個品系，每品系種植一畦 24 株，進行株行試驗，選拔 8 個優良品系，每品系選拔 1-2 單株（選拔率為百分之二），編號，調查、記錄，共有 15 個品系。F_5 世代執行步驟與 F_4 世代相同，共選得 10 個品系。

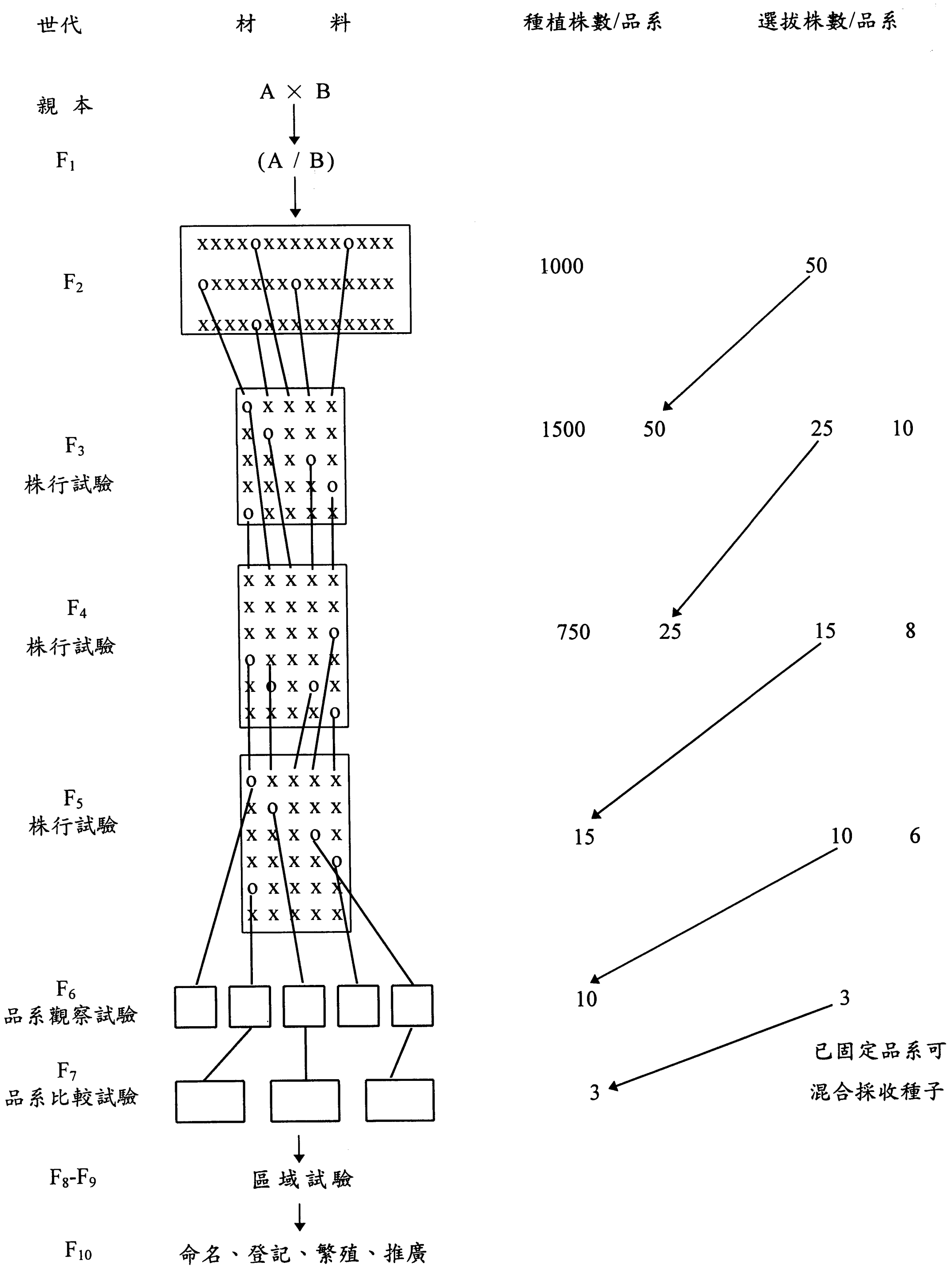


圖 8. 自花授粉作物之系譜法選拔程序

d. F_6世代的培育及選拔：自 F_5世代選拔的 10 個品系，各種植一畦 24 株，觀察比較各品系的優劣。果實成熟時，選拔具有優良園藝性狀之已固定品系，在各品系內，各自單株上採收成熟果實，混合採取種子，成為新品系，以供品系比較試驗用。倘若未固定之品系內，仍有特殊優良單株，可以再行單株選拔，種植下一代，觀察品系純化與否，若純化則可混合採收種子，供品系比較試驗之材料。

B. 改良式混合法：（參閱圖 9.）

a. F_1與 F_2世代的培育：將雜交組合第一代種子，種植 20 株，於生育、開花期、成熟期時鑑定確實為雜交種後，採收自交果實，得到 F_2種子，每組合的 F_2世代種植 600 株，若是導入番茄嵌紋病毒病、根瘤線虫或萎凋病之抗病性時，則需要在苗期先行各抗病性的篩選，所得抗病株種植於田間，成熟時選拔具有優良性狀的單株 40-50 株，並自各單株上平均採收 2 個果實，混合採收種子，得到 F_3世代。

b. F_3與 F_4世代的培育：F_3世代，每組合種植 600 株，同樣在苗期，行抗病性篩選，僅留下抗病株於田間，成熟時選拔優良植株 40 株，自各單株上平均採收 2 個果實，混合採收種子，得到 F_4世代，F_4世代執行步驟如同 F_3世代。

c. F_5世代的培育及選拔：F_5世代之混合種子，種植 300 株，如同 F_3世代，在苗期先行各抗病性的篩選，抗病株於田間種植，待果實成熟時，選拔 30 株優良單株，分別編號、調查、記錄成為品系。

d. F_6世代的培育及選拔：F_6世代之 30 個品系，每品系種植 48 株，再次鑑定番茄嵌紋病毒病、根瘤線虫或萎凋病之抗病性，選拔具有抗病純質結合的品系種植 24 株於田間，行株行試驗，選拔已固定的品系，在這些品系內，自各單株上採收成熟果實，混合採種子，成為新品系，供品系比較試驗之用，並加入地方栽培品種為對照。

C. 單籽後裔法（參閱圖 10.）

a. F_1-F_5世代的培育：種植 10 株，雜交第一代植株，確定為雜交種後，天然自交繁殖 F_2世代種子，每組合種植 1000 株於 3 寸塑膠盆，並依序編號，成為系統，待開花結果時，每株僅保留 2-3 果，該花序部位的上方留三片葉片後，強勢摘去頂芽，促進早熟，成熟時每一系統採收 1 個果實，擠出種子，直接播種於 3 寸塑膠盆內，如此代代繁殖 不做任何選拔，直到取得 F_6世代種子為止。

b. F_6世代以後的培育及選拔（採用系譜法）：F_6世代起每品系種植 24 株，於苗期篩選青枯病，抗病品系於夏作種植 24 株行耐熱性篩

選，選拔優良純化具耐熱性的品系後，再行品系內優良單株選拔，每品系選 1-2 單株得 F_7 世代品系，行株行試驗與地方品種，觀察比較品系間的優劣，選拔已固定之優良品系。在各品系內，自各單株上採收成熟果實，混合採取種子，成為新品系，參加品系比較試驗。

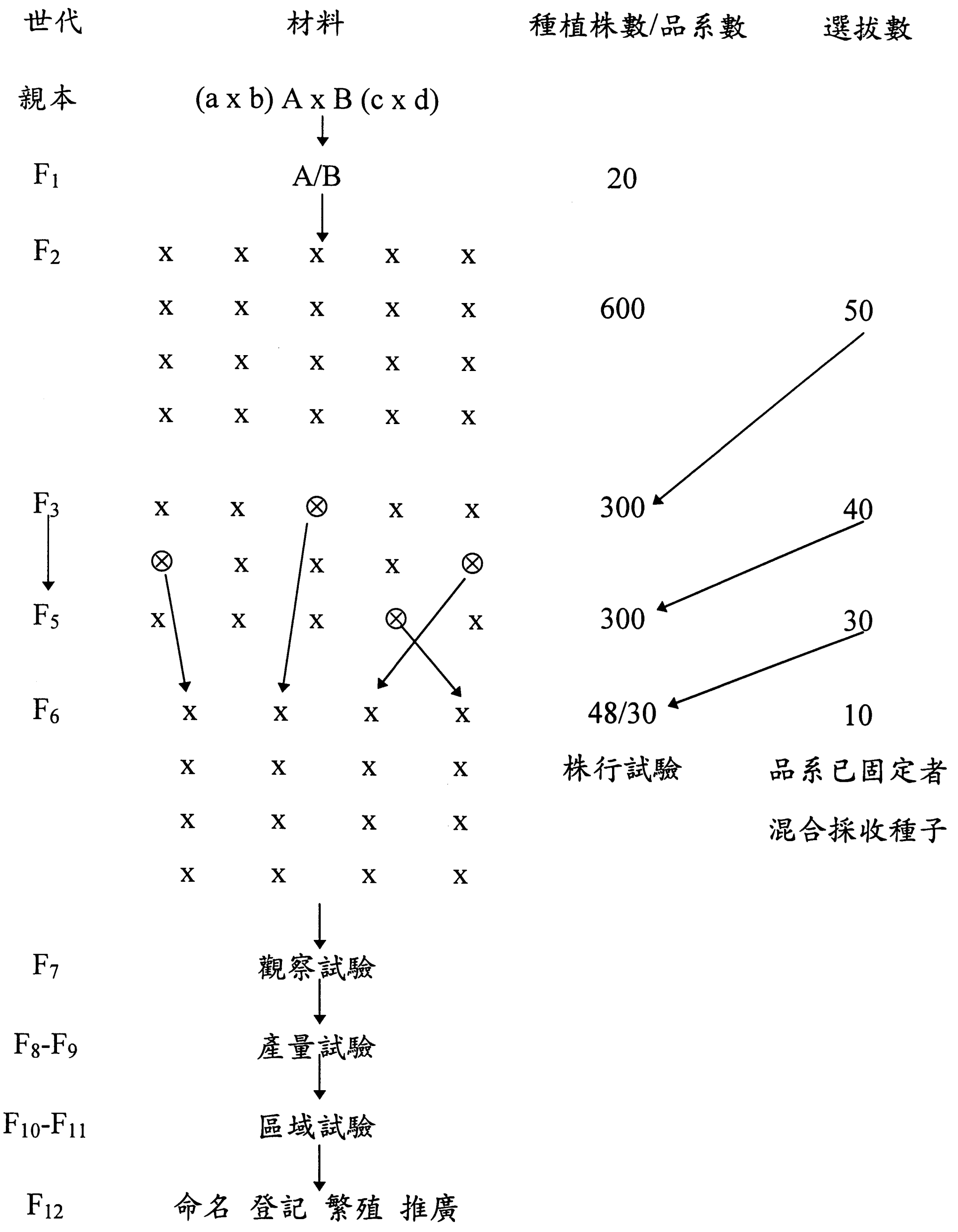


圖 9. 改良式混合法選拔程序

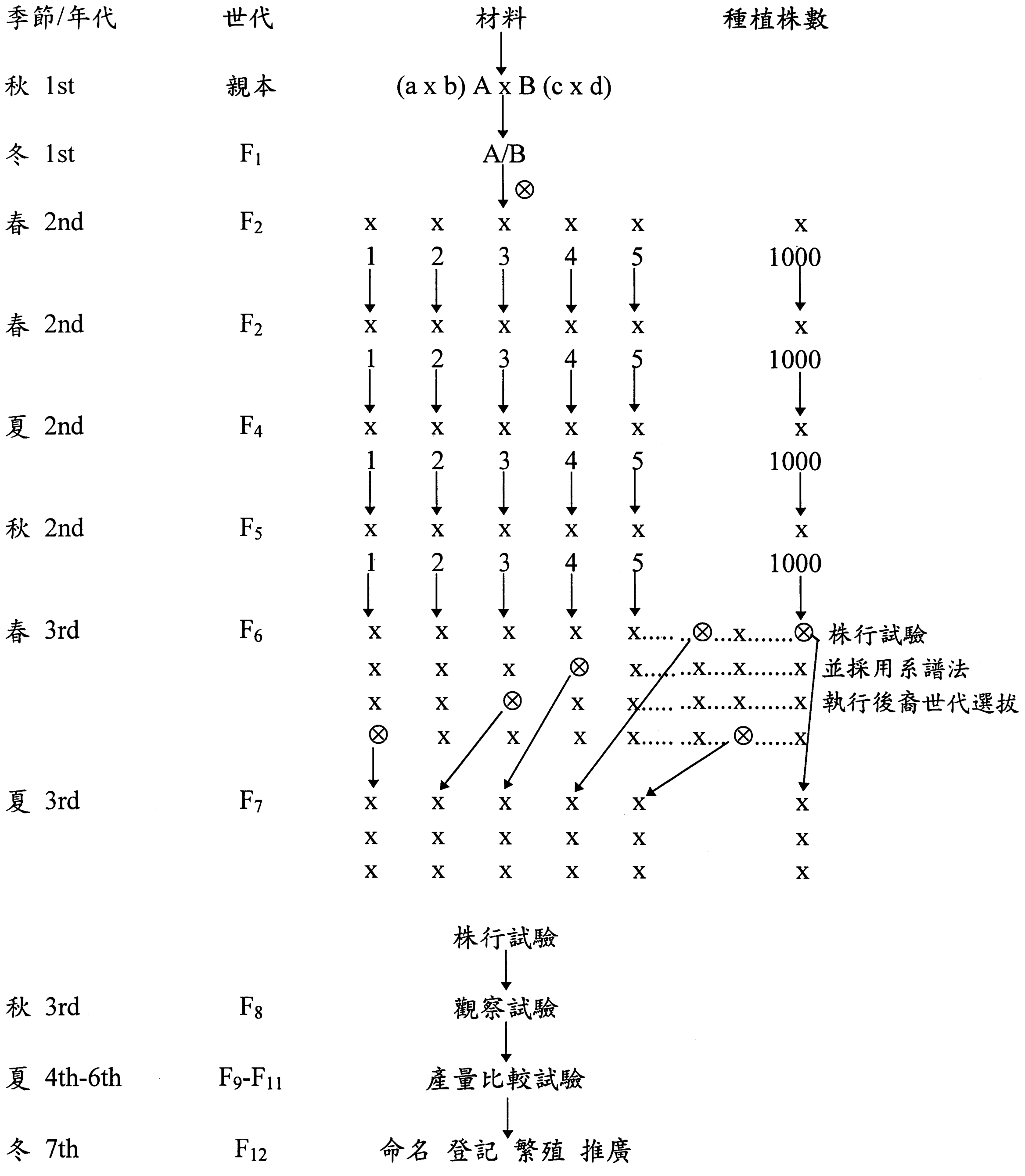


圖 10. 典型單籽後裔法選拔程序

D. 改良式單籽後裔法（參閱圖 11.）

a. 雜交 DC_1 或 BC_1F_1 的培育：自雙雜交或限制回交所得的 DC_1 或 BC_1F_1，各種植 50 株，並在苗期分別執行番茄嵌紋病毒病、根瘤線虫或萎凋病等由單一顯性基因所控制的病害之抗病性篩選，淘汰感病株，僅種植抗病株於田間，自交繁殖 DC_2 或 BC_1F_2 種子。

b. DC_2 或 BC_1F_2 的培育：種植 1200 株的 DC_2 或 BC_1F_2 族群於 3 寸塑膠盆內，並依序編號，於播種時同時接種根瘤線虫的卵塊於植穴內，待苗長 1-2 片本葉時，再接種番茄嵌紋病毒病，待兩星期後行番茄嵌紋病毒病抗病性的判定約可得到 676 株左右，同時具有這兩種抗病性的個體（1200 株 x 9/16=676 株）。留意栽種，每株保留 2 個果實，待成熟時採收得 BC_1F_3 世代。

c. DC_3 或 BC_1F_3 世代的培育：自 DC_2 或 BC_1F_2 各抗病植株上採收的果實，直接播於 3 寸塑膠盆內，同樣在苗期篩選番茄嵌紋病毒病、根瘤線虫或萎凋病的抗病性，期望得到 473 株，具有兩種病害抗病性的個體，[74 株（1x1/9）=$Tm\text{-}2^a/Tm\text{-}2^a$，Mi/Mi，115 株（3/4 x 2/9）= $Tm2^a/+$，Mi/Mi，115 株（3/4 x 2/9）= $Tm2^a/Tm\text{-}2^a$，Mi/+，169 株（9/16 x 4/9）= $Tm2^a/+$，Mi/+]，留意栽種，同樣每株保留 2 個果實，待成熟時採收 2 個果實，並洗種子得 BC_1F_4 世代種子。

d. DC_4 或 BC_1F_4 世代培育：將 473 個 DC_4 或 BC_1F_4 世代品系，各播種 12 株，於苗長出 2 本葉時先接種番茄嵌紋病毒病，2 星期後調查各品系之抗感反應，若全部 12 株健康無病徵，表示具 $Tm\text{-}2^a$ 基因純結合性，保留這些純質個體，並自每株上摘取一片新葉，用澱粉膠体電泳法來檢定 $Aps\text{-}1^{1/1}$（與 Mi 基因連鎖）之純質結合個體後，移植於 5 寸素燒盆內，待開花結果時每株保留 5 個果實，成熟時行系譜法選拔，單株採種成為品系。

e. DC_5 或 BC_1F_5 世代培育：各品系分別種植 24 株於夏作（5-8 月份）溫室內執行青枯病抗病性苗期篩選，抗病性達存活率百分之七十五者，再播種一批，同樣每品系 24 株在田間行耐熱性株行試驗，並行品系間選拔優良單株，編號，調查記錄其園藝特性，採收自交種子成為新品系，供品系比較試驗之材料。

f. DC_6 或 BC_1F_6 世代培育：每品系種植一畦 24 株，一重複，行株距 60 x 40 公分，與地方栽培品種進行品系比較試驗，成熟時選拔已固定的優良品系，並混合採收該品系種子，供初級產量比較試驗材料，倘若未固定品系內仍有特殊優良單株，可以再行單株選拔編號，待次代再做一次觀察比較試驗，若該品系已固定且優良，則同樣可以混合採收種子，供初級產量比較試驗之材料。

g. DC_7或BC_1F_7世代以及後世代之產量試驗：由DC_7或BC_1F_7世代選出之優良品系與地方栽培品種，參與初級產量比較試驗，每一品系二畦，二重複，田間將採用逢機完全區集設計，試驗結果選出之優良品系參與高級產量比較試驗，繼續執行二期或二年的試驗，優良之品種參與區域試驗，選最優良豐產品系，參與地方試作並向省農林聽廳（或農委會）提出申請命名、登記、繁殖種子推廣之。

2.回交育種法

(1) 親本選擇雜交與回交：

選擇優良品種或地方品種，但缺少某一種病害的抗病性者為母本及輪迴親本，與具有某一種病害抗病性（顯性 1-3 基因）之品種者為父本雜交之，雜交後代處理採用限制回交法，若具抗病性為野生種時，則採用全回交法，除外還要針對所具有抗病性是顯性或隱性基因控制，所執行步驟有所不同，一般回交法，均以雜交種（F_1）或回交F_1為父本，輪迴親本為母本，其原因是考慮雜交種之雌蕊親和性差及種子數目少以及細胞質遺傳之性狀。

(2) 後裔分離及選拔：

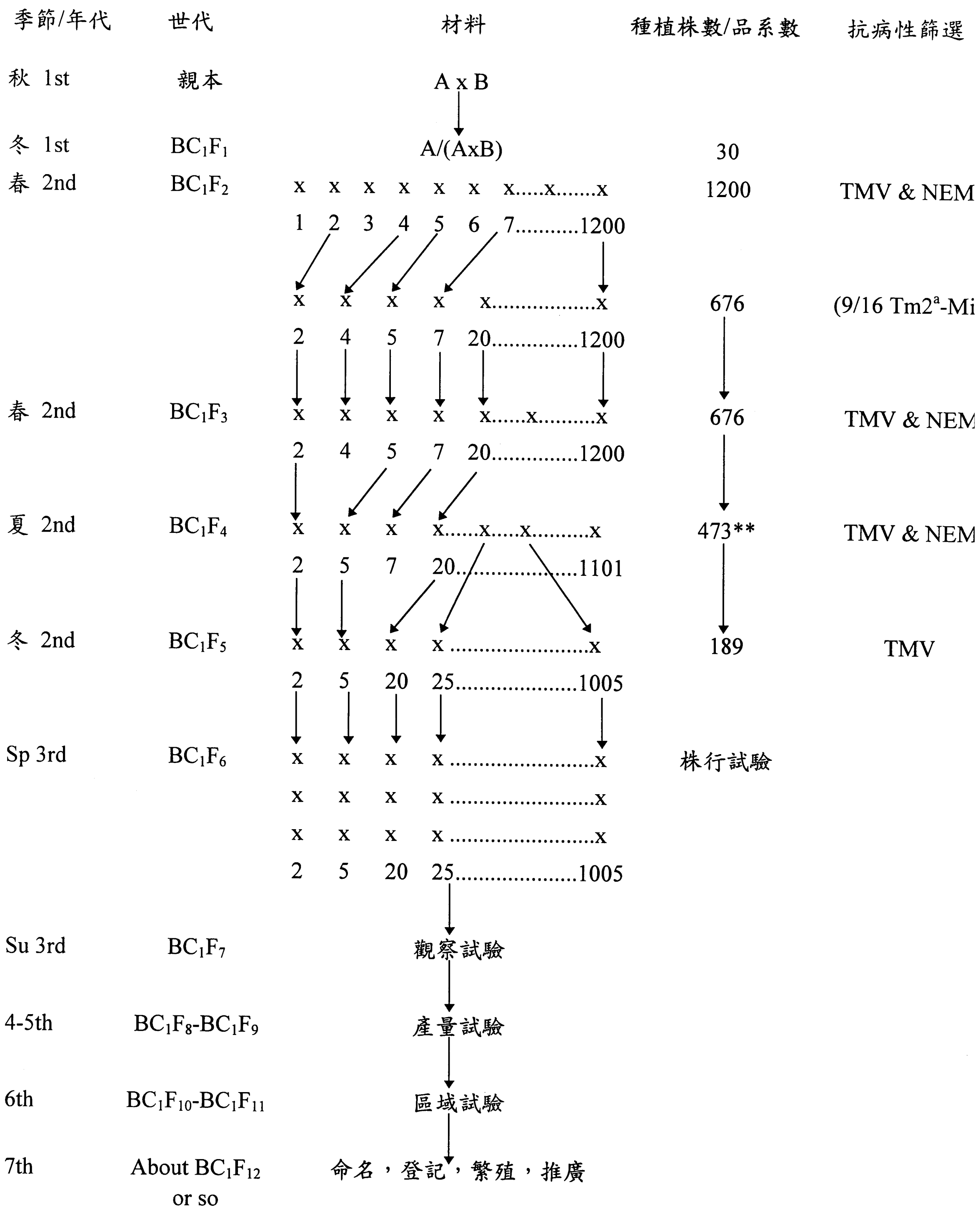
A. 限制回交法（參閱圖12.欲轉移的抗病性為完全顯性基因之情況）

a. 雜交F_1和回交BC_1F_1世代的培育：優良栽培品種與具備抗病性的品種雜交得到雜交種（F_1），種植該F_1世代10株於田間，開花時自每一株上採收等量的花朵，採集花粉為父本，授與輪迴親本（優良栽培品種）上得到回交BC_1F_1世代種子。

b. BC_1F_1世代的培育：回交所得之BC_1F_1種子，種植30株，依據所欲轉移抗病性（番茄嵌紋病毒病、根瘤線虫或萎凋病），在苗期進行抗病性篩選，去除感病株，僅留抗病株，令其自然自花授粉繁殖BC_1F_2世代種子。

c. BC_1F_2 至BC_1F_5世代的培育：採用改良式單籽後裔法，BC_1F_2世代開始種植1200株，並在苗期進行抗病性篩選，淘汰感病株，抗病株採用單籽後裔法繁殖，促進世代直到BC_1F_5世代為止。

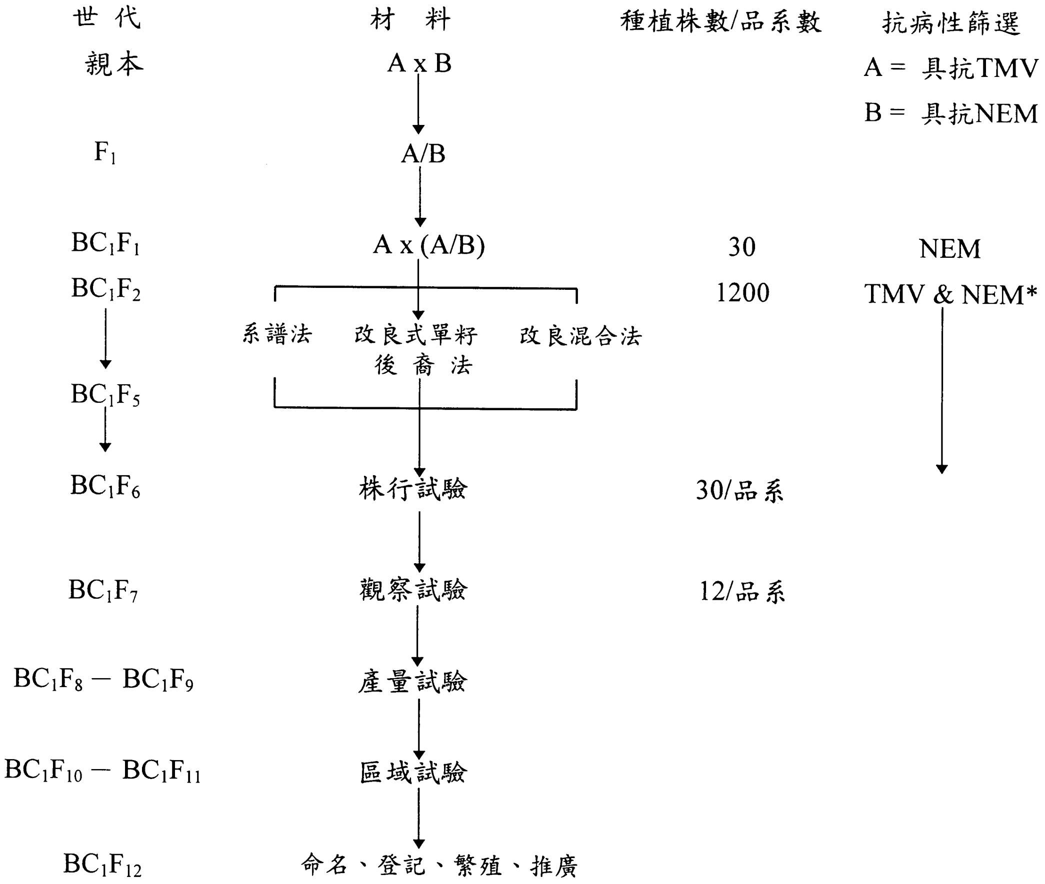
d. BC_1F_6世代的培育及選拔：所得到的BC_1F_5世代品系，每品系種植24株，再次檢定抗病性，淘汰感病及仍在分離的品系，僅留純質結合的抗病品系，定植於田間，並行品系間的比較觀察，若是耐熱性組合，則於夏季進行耐熱性篩選，若具有抗青枯病之抗病性，同樣在苗期先行篩選，淘汰感病品系，僅留抗病品系行耐熱性篩選，在耐熱性選拔時，著重品系間結果率之優劣，以及優良園藝性狀，如無裂果、著色均勻、果實大小均一等等。所選得的優良固定品系成為新品系 可供參加品系比較試驗的材料。



*NEM=根瘤線蟲; TMV=番茄嵌紋毒素病

**74 (1 x 1/9) $Tm2^a/Tm2^a$, Mi/Mi; 115 (3/4 x 1/9) $Tm2^a/+$, Mi/Mi; 115 (3/4 x 2/9) $Tm\text{-}2^a/Tm\text{-}2^a$, Mi/+; 169 (9/16 x 4/9) Tm-2a/+Mi/+

圖 11. 改良式單籽後裔法選拔程序



* NEM = 根瘤線蟲
TMV = 番茄嵌紋毒素病

圖 12. 限制回交法選拔程序（欲轉移的抗病性為完全顯性基因之情況）

B. 全回交法

a.欲轉移野生種所具備的顯性抗病基因（參閱圖 13.）

(a.)雜交 F_1 及回交 BC_1F_1 世代的培育：選擇優良栽培品種為輪迴親本，具有顯性抗病基因的野生種為父本，雜交得到 F_1 ，種植 10 株當父本與輪迴親本回交，得 BC_1F_1 種子（如果野生種是 *L. chilense* 時 F_1 和 BC_1F_1 ，必須於授粉結果後 15 天左右，採未熟種子，執行胚的組織培養，以獲得 F_1 植株， F_1 植株開花時再與輪迴親本回交得 BC_1F_1 ，同樣必須再胚培養得 BC_1F_1 成株，之後採取 BC_1F_1 之花粉再與輪迴親本回交得 BC_2F_1 世代。

(b.)BC_2F_1 至 BC_5F_1 世代的培育：所得 BC_2F_1 世代的種子種植 30 株，行苗期抗病性檢定，去除感病株，種植抗病植株，混合收集各抗病株的花粉，再授於輪迴親本，得 BC_3F_1 ，同樣種植 30 株，

行苗期篩選，保留抗病株為父本，再與輪迴親本回交得 BC_4F_1，依此類推直到 BC_4F_1 世代為止。

(c.)BC_5F_2 世代的培育選拔：種植 30 株 BC_5F_1 世代，行抗病性篩選，抗病株，令其自然授粉，繁殖 BC_5F_2 世代的種子，再種植該世代 500 株，並行抗病性檢定，僅種植抗病株於田間，成熟時選拔與輪迴親本近似的優良單株，編號、調查、記錄成為系統。

(d.)BC_5F_3 至 BC_5F_5 世代的培育選拔： BC_5F_3 世代各系統種植 40 株，並行苗期抗病性檢定，淘汰感病和仍在分離的系統。定植純質結合的抗病系統於田間，觀察比較系統之優劣，成熟時選拔優良已固定及其園藝特性與輪迴親本相似的系統，採種時在系統內自各單株上採收成熟果實，混合種子得 BC_5F_4 世代，成為新品系，參加株行試驗。如果各系統的分離性狀仍很普遍，則可在 BC_5F_3 系統間選優良系統，再於系統內選優良 1-2 個單株，次代種植再觀察品系固定或仍分離，已固定者可以混合採種。 BC_5F_4 世代各品系，種植 24 株行株行試驗，並做品系間比較選拔，所選拔近似輪迴親本的品系，採收種子得 BC_5F_5 世代，供參加品系比較試驗。

b.欲轉移野生種所具備的隱性抗病基因（參閱圖 14.）

(a.)雜交 F_1 及 F_2 世代的培育：選擇優良的地方栽培品種為輪迴親本，具有隱性抗病基因的野生種為父本，雜交得到 F_1 雜交種，種植 10 株，令其自然授粉採收成熟果實，得到 F_2 種子，種植 30-50 株，並在苗期行抗病性篩選，淘汰感病株，抗病株種植於田間或 8 寸盆，便於採集花粉當父本，再與輪迴親本回交得 BC_1F_1。

(b.)BC_1F_1 至 BC_1F_2 世代的培育：種植 10 株 BC_1F_1 個體，令其自然授粉，平均等量自 BC_1F_1 單株上採收成熟果實，混合得到 BC_1F_2 種子，種植 30-50 株 BC_1F_2 世代，並行苗期抗病性篩選，淘汰感病株，僅種植抗病株，以採收花粉，再與輪迴親本回交得 BC_2F_1 世代，依此類推來執行全回交的步驟，直到 BC_5F_1 世代為止。

(c.)BC_5F_2-BC_5F_7 世代的培育選拔：種植 10 株 BC_5F_1 自交繁殖 BC_5F_2 世代種子，種植 30-50 株，行苗期抗病性篩選，淘汰感病株，種植抗病株於田間，自交繁殖，各抗病株於成熟時分別編號，單株採種得到 BC_5F_3 系統， BC_5F_3 系統各種植 24 株，並行系統間抗病性篩選檢定，淘汰仍分離之品系，種植純質結合的品系於田間行採種試驗，並與輪迴親本比較，選拔園藝性狀與輪迴親本相似之品系，成為新品系，供品系比較試驗之材料。

世代	材料	種植採數	備註
親本	A x B	5	A =具HT， ToM， NEM， BW 等 特性 當輪迴親 B = 野生種，具TLCV抗病性
	$(t_1t_1t_2t_2)$ ↓ $(T_1T_1T_2T_2)$		
F_1	A/B $(T_1t_1T_2t_2)$	授精結果20天後 行胚培養50株	移植三寸盆 待開花時授粉， 做回交
BC_1F_1	(A x A/B) $(t_1t_1t_2t_2)$ ↓ $(T_1t_1T_2t_2)$ 1/4 $T_1t_1T_2t_2$ 1/4 $T_1t_1t_2t_2$ 1/4 $t_1t_1T_2t_2$ 1/4 $t_1t_1t_2t_2$	1. 授精結果20天後 行胚培養50株 2. 選抗病株採粉 混合之當BC_2F_1 之父本，再與輪 迴親回交	a. 移植三寸盆後 三星期 置病圃由菸草粉蝨傳毒 b. 傳毒接種後繼序觀察 感表現至開花結果為止 c. 採抗病株行核酸雜合測試
BC_2F_1 (1:1:1:1)	A x [A(x2)/B] $(t_1t_1t_2t_2)$ ↓ $(T_1t_1T_2t_2)$	72	a. 播於穴盤 b. 置病圃感染TLCV c. 選拔抗病株 並取樣 核酸雜合測試，確定其抗性， 採抗病株花粉再回交
BC_3F_1	A x [A(x3)/B]	72	同上
BC_4F_1	A x [A(x4)/B]	72	同上
BC_5F_1	A x [A(x5)/B]	72	同上
	↓ BC_5F_2		每世代選拔抗病株園藝性狀類似 原輪迴親者再自交進代
	↓ BC_5F_6		育成自交系行HT， ToMV， NFM， BW和TLCV的特性確定

圖 13. 全回交育種法選拔程序 I（欲轉移野生種所俱備的顯性抗病基因）

世代	材料	種植株數	雜交方法	備註
親本	A x B (RR) ↓ (rr)	10	單雜交	B(rr): 贈與品種具隱性抗病基因 A(RR): 輪迴親
F_1	A/B (Rr) ↓ ⊗	10	自交	
F_2	1RR:2Rr:1rr 淘汰　x A(RR)	30	回交	抗病性篩選淘汰感病株
BC_1F_1	Rr ↓ ⊗	10	自交	
BC_1F_2	1RR:2Rr:1rr 淘汰　x A(RR)	30	回交	抗病性篩選淘汰感病株
BC_1F_2	Rr : :	10	自交及回交	步驟同上
BC_5F_1	Rr ↓ ⊗	10	自交	
BC_5F_2	1RR:2Rr:1rr	30		抗病性篩選淘汰感病株
BC_5F_3	淘汰　↓ ⊗		自交	
	x　x　x　⊗ ⊗　x　⊗　x x　⊗　x　x			抗病株自交 成為品系 行系譜法選拔類似輪迴親的優良品系
BC_5F_4	x　x　x　x			BC5F4 至BC5F7世代分別執行株行及品系比較試驗
:	x　x　x　x			
:	x　x　x　x			
BC_5F_7	x　x　x　x ↓			
BC_5F_8	區域試驗 ↓			
BC_5F_9-BC_5F_{10}	命名、登記、繁殖、推廣			

圖 14.　全回交育種法選拔程序 II（欲轉移野生種所俱備的隱性抗病基因）

3.品系試驗

經由選拔育種及雜交育種所育成的優良固定品系與現行栽培品種為對照，進行品系試驗，每品系種植一畦，畦長 4.8 公尺，株距 0.4 公尺，停心型一畦一行 12 株，行距 1.5 公尺，非停心型一畦二行 24 株，行距 0.6 公尺，同時於春、夏、秋各種一作，無重複，調查農藝及園藝特性項目，試驗結果所選得的優良品系，參加品種（系）比較試驗。

四、雜交品種

1.自交系育成

(1) 依照育種目標，收集具有可利用之優良特性的國內外品種，經觀察後選拔育種法純化的固定品系。

(2) 依照育種目標，採用一般雜交育種法和回交育種法，育成具多種優良園藝特性，或抗多種病害的優良品系。

(3) 依照育種目標之需求，收集國內外雜交一代品種，再以系譜法或單籽後裔法，選育之優良自交品系。

2.組合力檢定

選擇親緣不相近，合乎育種目標之優良自交品系，進行所有可能的雜交組合，將所得的各雜交一代組合，依序編號，同時加入各組合之父母本及當地現行栽培品種為對照，進行品系觀察試驗，以檢定一般組合力，經檢定結果，較栽培品種優良者，可參與品種（系）比較試驗。

五、品種（系）比較試驗

引種觀察、選拔育種、雜交育種或雜交一代品種等選拔所得優良品系，均可參加品種（系）比較試驗，試驗等級，分初級與高級兩種，並以現行栽培品種為對照，畦長 4.8 公尺，株距 0.4 公尺，行距停心型為 1.5 公尺，非停心型為行距 0.6 公尺，畦面寬為 0.9 公尺，包括畦溝為 1.5 公尺，每品系種植行數及株數各不相同，初級試驗二行 24 株，二重複，高級試驗四行 48 株，3-4 重複，田間設計，採用逢機完全區集，春、夏、秋各種一作，調查項目有農藝及園藝特性，選出較對照品種優良者，參加區域試驗。

六、區域試驗

選擇 3-4 處之栽培區，進行區域性試驗，栽培管理方法如同品種比較試驗內的高級試驗，重複數至少四次。試驗結果，較對照品種優良者，可參與地方試作。地方試作選擇 2-3 處主要產地，於春、夏、秋各種一作，大區栽培為 5-10 公畝，試驗結果，表現優於現行栽品種者，可申請命名及登記。

七、命名及登記

經區域試驗及地方試作結果，較對照品種優良之新品系，將其育種經過及區域試驗等資料送農林廳申請新品種登記、命名。

八、繁殖、推廣

經正式命名之新品種，經繁殖採種，推廣供農民栽培其繁殖方法如下：

1.固定品種種子生產：在隔離地區自然授粉採種，採種步驟分原原種及原種兩種。原原種之採種方法為在採種田，選生育旺盛，性狀一致 無病害之優良單株 30-40 株，混合採收其成熟果實，採取種子乾燥保存，供下一年繁殖用，其餘植株經去雜後，混合採收的種子為種原，供試驗機構大量繁殖，或交農民栽種。

2.雜交一代品種種子生產：將父母本分別隔離，父母本之比例為 1：4，父本應提早 10-14 天種植，雇用技術熟練工人 進行人工去雄、授粉，每株以授 50 朵花，收穫 40 個果，採收前應嚴格執行去雜工作（包括自交果及混雜植株）。

參考文獻

王海廷，王鳴，和李長年 番茄育種 中國上海科學技術出版社 345pp

李伯年 1982 蔬菜育種與採種 茂昌圖書有限公司 405pp

李學勇 1959 園藝育種學 時代出版社 371pp 增訂再版 1981 台大植物系 425pp

陳正次 1991 番茄的生理障礙及防治 農藥世界 Vol. 95； p18-29

陳正次 1991 番茄育種程序及實施方法 蔬菜作物育種程序及實施方法 臺灣省農林廳 p68-81

陳正次 1991 番茄產業面面觀：亞蔬中心耐熱抗病番茄育種之經歷（下） 農藥世界 Vol. 134；p88-95

陳正次 1994 番茄產業面面觀：亞蔬中心耐熱抗病番茄育種之經歷（上） 農藥世界 Vol. 133； p17-21

陳正次 1995 番茄 臺灣農業要覽（二） 豐年社 p427-636

陳正次 1997 夏季耐熱、抗病、小果番茄新品種－台南亞蔬 6 號 種苗科技專訊 Vol.19 p11-15

湯文通 1967 作物育種之原理與實施 國立台灣大學農藝學系 作物育種研究室 753pp

盧守耕 1960 作物育種學 國立台灣大學 農學院叢書 第 10 號 420pp

齋藤隆 1976 番茄－基礎生理的應用技術 農山海村文化協會編 新野菜叢書 281pp

黃貴豪 接力育成小果番茄品種 豐年 Vol.47-1 p.6-8

劉依昌 耐熱、省工、品質佳的番茄新品種「台南亞蔬 6 號」 豐年 Vol.47-1 p.26-29.

劉依昌、陳正次 1997 小果番茄「台南亞蔬 6 號」之育成 台南區農業改良場 研究彙報 Vol.34 p.1-13.

Black，L.L.，王添成，Hanson，P.M.，和陳正次 1997 野生種番茄抗晚疫病之鑑以定及其抗病基因之導入栽培種番茄 海峽兩岸第三屆病理學術研討會

Abdul-Baki，A.A.，1991. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci.，116，1113-1116.

Acosta，J.C.，Gilbert，J.C.，and Quinon，V.L. 1964. Heritability of bacterial wilt resistance in tomato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.，84，455-461.

Atherton，J.G. and Rudich J. 1986. The Tomato Crop. Chapman and Hall Ltd.，USA，647pp.

AVRDC. 1984. 1982 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，shanhua，Taiwan.

—. 1987. 1985 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

—. 1988. 1986 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

—. 1992. 1991 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

—. 1993. 1992 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

—. 1994. 1993 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

—. 1995. 1994 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

—. 1996. 1995 Prog. Rpt. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan.

Dane，F.，Hunter，A.G.，and Chambliss，O.L. 1991. Fruit set，pollen fertility，and combining ability of selected tomato genotypes under high-temperature field conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci.，116，906-910.

El Ahmadi，A.B.，and Stevens，M.A. 1979a. Reproductive responses of heat-tolerant tomatoes to high temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci.，104，686-691.

El Ahmadi，A.B.，and Stevens，M.A. 1979b. Genetics of high temperature fruit set in the tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci.，104，691-696.

Emery，G.C.，and Munger，H.M. 1970. Effects of inherited differences in growth habit on fruit size and soluble solids in tomato. J. Amer. Soc. Hort.，95，410-412.

Hanna，H.Y.，and Hernandez，T.P. 1982. Response of six tomato genotypes under

summer and spring weather conditions in Louisiana. HortScience , 17 , 758-759.

Hanna , H.Y. , Hernandez , T.P. , and Koonce , K.L. 1982. Combining ability for fruit set , flower drop , and underdeveloped ovaries in some heat-tolerant tomatoes. HortScience , 17 , 760-761.

Hanson , P.M. , Wang , J.F. , Hartman , G.L. , Lin , Y.C. , and Chen , J.T. 1996. Variable Reaction of Tomato Lines to Bacterial Wilt Evaluated at Several Location in Southeast Asia , Hortscience 31(1) 143-146.

Hanson , P.M. , Licardo , O. , Hanudin , Wang , J.F. , and Chen , J.T. 1998. Diallel analysis of bacterial wilt resistance in tomato derived from different sources. Plant Dis. 82:74-78.

Kuo , C.G. , and Chen , B.W. 1980. Physiological responses of tomato cultivars to flooding. J.Amer. Soc. Hort. Sci. , 105 , 751-755.

Kuo , C.G. , and Tsai , C.T. 1984. Alternation by high temperature of auxin and gibberellin concentrations in the floral buds , flowers , and young fruit of tomato. HortScience , 19 , 870-872.

Kuo , C.G. , Chen , B.W. , Chou , M.H. , Tsai , C.C. , and Tsay , J.S. 1979. Tomato fruit set at high temperature. In: Cowell , R. (ed.) Proc. 1st Intl. symp. Tropical Tomato. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr. , Shanhua , Taiwan , 94-108.

Kuo , C.G. , Tsay , J.S. , Chen , B.W. , and Lin , P.Y. 1982. Screening for flooding tolerance in the genus Lycopersicon. HortScience , 17 , 76-78.

Kuo , C.G. , Chen , H.M. , Shen , B.J. , and Chen , H.C. 1989. Relationship between hormonal levels in pistils and tomato fruit-set in hot and cool seasons. In: Green , S.K. (ed.) Tomato and Pepper Production in the Tropics. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr. , Shanhua , Taiwan , 138-149.

Opena , R.T. 1990. Genetic Improvement of tomato 園藝作物育種講習會專刊 台灣省農試所專刊 31 , 223-257

Opeña , R.T. , Kuo , C.G. , and Yoon , J.Y. 1987a. Breeding for stress tolerance under tropical conditions in tomato and heading Chinese cabbage. In: Chang , W.N. , MacGregor , P.W. , and Bay-Petersen , J. (ed.) Improved Vegetable Production in Asia. Food and Fertilizer Technol. Ctr. , Taipei , Taiwan , 88-109.

Opeña , R.T. , Shanmugasundaram , S. , Yoon , J.Y. , and Fernandez , G.C.J. 1987a. Crop improvement program to promote vegetable production in the tropics. In: chang , W.N. , and Opena , R.T. (ed.) Breeding of Horticultural Crops. Food and Fertilizer Technol. Ctr. , Taipei , Taiwan , 1-17.

Opeña , R.T. , shanmugasundaram , S. , Fernandez , G.C.J. , Yoon , J.Y. , Takagi , H. , Tschanz , A.T. , and Green , S.K. 1988. Vegetable germplasm

at AVRDC and its utilization in crop improvement with special reference to disease resistance breeding. In: Suzuki，S. (ed.) Crop Genetic Resources of East Asia. Intl. Board for Plant Genetic Resources，Tsukuba，Japan，143-154.

Opeña，R.T.，Green，S.K..，Talekar，N.S.，and Chen，J.T. 1990a. Genetic improvement of tomato adaptability to the tropics. In: Green，S.K. (ed.) Integrated Pest and Management Practices for tomato and Pepper in the Tropics. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan，70-85.

Opeña，R.T.，Hartman，G.L.，Chen，J.T.，and Yang，C.H. 1990b. Breeding for bacterial wilt resistance in tropical tomato. In: 3rd Intl. Conf. Plant Proteciton in the Tropics. Genting Highlands，Malaysia，44-50.

Opeña，R.T.，Chen，J.T.，Kuo，C.G.，and Chen，H.M. 1992. Genetic and Phsiological Aspects of Tropical Adaptation in Tomato: In: Kuo，C.G. (ed.) Proc. Intl. symp. Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan. 321-334.

Rick，C.M.，and Dempsey，W.H. 1969. Position of the stigma in relation to fruit setting of the tomato. Bot. Gaz.，130，180-186.

Stevens，M.A. 1979. Breeding tomatoes for processing. In: Cowell，R. (ed.) Proc. 1st Intl. Symp. Tropical Tomato. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan. 201-213.

Stevens，M.A. 1986. Inheritance of tomato fruit quality components. Plant Breeding Rev.，4，274-311.

Villareal，R.L.，and Lai，S.H. 1978. Screening for heat tolerance in the genus Lycopersicon. Hortscience，13，479-481.

Villareal，R.L.，and Lai，S.H. 1979. Development of heat tolerant tomato varieties in the tropics. In: Cowell，. (ed.) Proc. 1st Intl. Symp. Tropical Tomato. Asian Vegetable Res. and Develop. Ctr.，Shanhua，Taiwan. 188-200.

Wessel-Beaver，L. 1992. Genetic variability of fruit set，fruit weight，and yield in a tomato population grown in two high-temperature environments. J. Amer. soc. Hort. Sci.，117，867-870.